

JP 2006524966

PUB DATE: 2006-11-02

APPLICANT: FLARION TECHNOLOGIES INC [US] | LAROIA RAJIV [US] (+2)

HAS ATTACHED HERETO CORRESPONDING ENGLISH LANGUAGE EQUIVALENT:

WO 2004095851

PUB DATE: 2004-11-04

APPLICANT: LAROIA RAJIV [US]; SRINIVASAN MURARI [US]; LI JUNYI [US]

METHODS AND APPARATUS OF ENHANCING PERFORMANCE IN WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS

Page bookmark JP 2006524966 (T) - METHODS AND APPARATUS OF ENHANCING PERFORMANCE IN WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS

Publication date: 2006-11-02

Inventor(s):

Applicant(s): FLARION TECHNOLOGIES INC [US] | LAROIA RAJIV [US] (+2)

Classification: international: H04B1/707; H04B7/04; H04B7/12; H04J11/00; H04J15/00; H04W72/08; H04W88/06; H04W36/14
- European: H04B7/04; H04B7/12; H04Q7/38C4; H04W8/24

Application number: JP20060513244T 20040423

Priority number(s): US20030464823P 20030423; WO2004US12539 20040423

Abstract not available for JP 2006524966 (T)

Abstract of corresponding document: WO 2004095851 (A2)

Methods and apparatus for supporting and using multiple communications channels corresponding to different transmit technologies and/or access technologies in parallel within a cell of a wireless communications system are described. Mobile nodes support multiple technologies and can switch between the technology being used at a particular point in time, e.g., from a first channel corresponding to a first technology to a second channel corresponding to a different technology which provides better transmission characteristics, e.g., a better perceived channel quality. Mobiles maintain at least two sets of channel quality information at any one point in time.; Mobiles select the better channel and communicate the channel selection to the base station or communicate channel quality information for multiple channels to the basestation and allow the base station to select the channel corresponding to the technology providing the better conditions for the mobile. Different mobiles in the same cell may support different technologies.

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2006-524966

(P2006-524966A)

(43) 公表日 平成18年11月2日 (2006.11.2)

(51) Int. Cl.	F 1	テマコード (参考)
H04Q 7/38 (2006.01)	H04B 7/26	5K022
H04J 11/00 (2006.01)	H04J 11/00	5K067
H04B 1/707 (2006.01)	H04J 13/00	D
H04J 15/00 (2006.01)	H04J 15/00	
H04Q 7/38 (2006.01)	H04B 7/26	109N
	審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 42 頁)	

(21) 出願番号 特願2006-513244 (P2006-513244)
 (86) (22) 出願日 平成16年4月23日 (2004.4.23)
 (85) 翻訳文提出日 平成17年12月20日 (2005.12.20)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2004/012539
 (87) 国際公開番号 WO2004/095851
 (87) 国際公開日 平成16年11月4日 (2004.11.4)
 (31) 優先権主張番号 60/464, 823
 (32) 優先日 平成15年4月23日 (2003.4.23)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

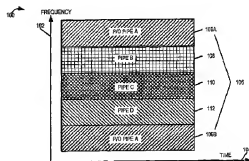
(71) 出願人 506196096
 クゥアルコム・フラリオン・テクノロジー
 ズ、インコーポレイテッド
 Qualcomm Flarion Te
 chnologies, Inc.
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州 92
 121-1714、サン・ディエゴ、モア
 ハウス・ドライブ 5775
 5775 Morehouse Driv
 e, San Diego, CA 92
 121-1714, U. S. A.
 (74) 代理人 100058479
 弁理士 錦江 武彦
 (74) 代理人 100091351
 弁理士 河野 哲

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線通信システムで性能を高める方法及び装置

(57) 【要約】

無線通信システムのセル内で並行に、異なった通信技術及び/またはアクセス技術に対応する複数の通信チャネルを支援し、使用する方法及び装置を説明する。移動ノードは複数の技術を支援し、特定の時点で用いられる技術、例えば、第1技術に対応する第1チャネルから、より良い送信特性、例えば、より良い読み取られたチャネル品質を構成する異なった技術に対応する第2チャネルへ切り換えることができる。モバイルは、少なくとも2つのチャネル品質情報セットをいずれかのある時点で維持する。モバイルは、より良いチャネルを選択し、このチャネルの選択を基地局へ伝達するか、あるいは、複数のチャネルに対するチャネル品質情報を基地局へ伝達し、これにより、基地局が、モバイルにとってより良い状態を構成する技術に対応するチャネルを選択できる。同じセル内の異なったモバイルは、異なった技術を支援できる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基地局と無線通信端末との間で情報を交信するのに用いることができる複数の異なった無線通信チャネルに対する通信品質情報セットを維持するように前記無線通信端末を動作するステップであって、この場合、前記複数の異なった無線通信チャネルが、少なくとも第1の通信チャネル及び第2の通信チャネルを含み、前記第1及び第2の通信チャネルが、前記第1及び第2の通信チャネルをそれぞれ確立するために用いられる第1及び第2の送信技術の関数である異なった品質特性を有し、前記第1及び第2の送信技術は異なっているステップと、

少なくとも前記第1及び前記第2の通信チャネルに対応する維持された通信チャネル品質情報の関数として信号を発生させるように無線端末を動作するステップと、かつ

前記信号を前記基地局へ送信するステップと
を有する通信方法。

【請求項 2】

請求項1に記載の通信方法において、前記信号が、少なくとも前記第1及び前記第2の通信チャネルの品質に関する情報を具える通信方法。

【請求項 3】

請求項2に記載の通信方法であって、

前記信号に含まれたチャネル品質情報の関数として情報を前記無線通信端末に伝達するの
に用いる前記複数の通信チャネルの多重チャネル間で選択するように基地局を動作する
ステップを更に有する通信方法。

【請求項 4】

請求項1に記載の通信方法において、

前記第1及び第2の技術を、異なった相容れないアクセス技術とする通信方法。

【請求項 5】

請求項4に記載の通信方法において、異なったアクセス技術が、CDMA、OFDM及び狭帯域信号搬送波技術を含む通信方法。

【請求項 6】

請求項4に記載の通信方法において、異なったアクセス技術の各々が、特定のアクセス技術
を遵守する要件を規定する異なった技術規格に対応し、前記異なったアクセス技術の
1つであって、その他の異なったアクセス技術の規定された要件を侵害する通信要件を規定
する前記異なったアクセス技術の1つに対応する技術規格が示すように、前記異なった
アクセス技術が相容れない通信方法。

【請求項 7】

請求項1に記載の通信方法において、基地局及び無線端末の少なくとも一方が複数のアンテナ
を含み、この通信方法が更に、

前記無線端末の動きの速度を示す測定を行うこと、

前記無線端末の動きの速度を示す測定
の関数として前記無線端末への通信で用いる通信
チャネルを選択するように基地局及び無線端末の一方を動作すること

を有する通信方法。

【請求項 8】

請求項7に記載の通信方法において、通信チャネルを選択するように基地局及び無線
端末の一方を動作するステップが、

前記測定が第1速度の無線端末の動きを示す場合、第1量の周波数ダイバーシティを無線
端末へ与える第1の通信技術を選択するステップと、かつ

前記測定が、前記第1速度の無線端末の動きよりも遅い第2速度の無線端末の動きを示
す場合、無線端末から送信されたフィードバック情報の関数としてアンテナビームフォー
ミングを用いる第2の通信技術に対応する通信チャネルを選択するステップと
を含む通信方法。

【請求項 9】

請求項7に記載の通信方法において、前記無線端末の動きの速度を示す測定を行う前記ステップが、前記基地局と前記無線端末との間で送信された信号のドップラー偏移の測定を行うことを含む通信方法。

【請求項10】

請求項7に記載の通信方法において、前記無線端末の動きの速度を示す測定を行う前記ステップが、クロックタイミングで変化させることを無線端末に指示するのに用いられるタイミング制御信号と、無線端末から周期的に送信された信号の電力が時間と共に変化する割合、通信チャネルの測定された品質の変化率、およびチャネルフェージング測定値の変化率の3者との少なくとも1つの変化率を測定することを含む通信方法。

【請求項11】

請求項7に記載の通信方法において、通信チャネルを選択するように基地局及び無線端末の一方を動作するステップが、

前記測定が第1速度の無線端末の動きを示す場合、前記無線端末から前記基地局へ送信する第1量のチャネル品質フィードバック信号を用いる第1の通信技術を選択し、かつ

前記測定が、前記第1速度の無線端末の動きよりも遅い第2速度の無線端末の動きを示す場合、前記第1量のチャネル品質フィードバック情報よりも多い第2量のチャネルフィードバック情報を用いる第2の通信技術に対応する通信チャネルを選択することを含む通信方法。

【請求項12】

請求項11に記載の通信方法において、前記第1の通信技術が2つの固定アンテナを用い、アラモウティ送信方法を用いた技術であり、前記第1の通信技術が、前記基地局からの信号を送信するのに用いられるアンテナパターンを制御するため、前記基地局へ送信する零のチャネル品質フィードバック信号を用いる通信方法。

【請求項13】

請求項11に記載の通信方法において、前記第2の送信方法が、前記無線端末から送信されたチャネル品質フィードバック情報の関数としてビームを形成することを含むビームフォーミング送信方法である通信方法。

【請求項14】

請求項11に記載の通信方法において、基地局及び無線端末の双方が複数のアンテナを含み、前記第2の送信技術が多入力多出力技術である通信方法。

【請求項15】

請求項7に記載の通信方法において、通信チャネルを選択するように基地局及び無線端末の一方を動作するステップは、

前記測定が第1速度の無線端末の動きを示す場合、第2の通信チャネルよりも高い周波数ダイバーシティ及び時間ダイバーシティの少なくとも1つを構成する第1の通信技術を選択し、かつ

前記測定が、前記第1速度の無線端末の動きよりも遅い第2速度の無線端末の動きを示す場合、第1の通信技術に対応する第1の通信チャネルから利用できるものよりも高い空間ダイバーシティを構成する第2の通信技術に対応する第2の通信チャネルを選択することを含む通信方法。

【請求項16】

請求項7に記載の通信方法において、通信チャネルを選択するように基地局及び無線端末の一方を動作するステップが、

チャネル状態の変化が急激な速度で生じた場合、前記複数のチャネル内で非選択の通信チャネルから利用できるものよりも高い周波数または時間ダイバーシティを構成するチャネルを前記複数のチャネル内で選択し、かつ

チャネル状態の変化が、前記急激な速度よりも遅い速度であるゆっくりとした速度で生じた場合、チャネル状態の変化が前記急激な速度で生じた場合に選択した前記チャネルよりも高い空間ダイバーシティを構成する別の1つのチャネルを前記複数のチャネル内で選択することを含む通信方法。

10

20

30

40

50

【請求項 17】

請求項 1 に記載の通信方法において、前記複数のチャネルを固定する通信方法。

【請求項 18】

請求項 17 に記載の通信方法において、固定した前記複数の通信チャネルの少なくともいくつか、異なった時点で存在するチャネルの異なった組み合わせを作って、事実上、周期的であり、いずれかの時点で存在するチャネルの組み合わせが、通信チャネルの周期特性のため、予測可能である通信方法。

【請求項 19】

請求項 1 に記載の通信方法において、基地局が、異なった技術に対応するチャネルの間で資源を、予め決定されたスケジュールに基づいて周期的に再割り当てする通信方法。

10

【請求項 20】

請求項 1 に記載の通信方法において、基地局が、異なった技術に対応するチャネルの間で資源を、1つ以上の無線端末から送信された信号に基づいて再割り当てする通信方法。

【請求項 21】

請求項 20 に記載の通信方法において、基地局が、特定の技術を用いるチャネルに対する要求を示す無線端末からの信号に回答して、特定の技術に対応するチャネルを生成する通信方法。

【請求項 22】

請求項 21 に記載の通信方法において、基地局が、チャネルを要求した前記無線端末から送信された少なくとも 1 つの信号の関数である期間中に、生成された前記チャネルを維持する通信方法。

20

【請求項 23】

請求項 1 に記載の通信方法において、基地局が複数のアンテナを含み、前記基地局と相互作用する第 1 の無線端末セットが複数の受信アンテナを含み、前記基地局と相互作用する第 2 の無線端末セットが 1 つのアンテナを含み、複数の受信アンテナを含む無線端末が前記基地局と相互作用するいくつかの時点で、MIMO 技術に対応する通信チャネルを用い、前記基地局と相互作用する異なった時点で、1つの受信アンテナだけで足りる技術に対応するチャネルを用いる通信方法。

【請求項 24】

請求項 23 に記載の通信方法において、1つだけの受信アンテナを含む無線端末が、複数の受信アンテナを必要としない技術に対応する 1 つ以上のチャネルを用いて前記基地局と相互作用する通信方法。

30

【請求項 25】

請求項 1 に記載の通信方法であって、複数の通信チャネルの 1 つから、前記無線端末から送信された信号の関数として異なった通信技術を用いる通信チャネルへ通信資源を再割り当てするように基地局を動作するステップを更に有する通信方法。

【請求項 26】

請求項 1 に記載の通信方法であって、維持された通信品質情報セットに基づいて複数の通信チャネル間で選択し、これにより、より良い送信特性を前記無線通信端末へ与える送信技術に対応するチャネルを選択するように無線端末を動作するステップを更に有し、

40

発生させた前記信号が、チャネル選択を基地局へ示す通信方法。

【請求項 27】

請求項 1 に記載の通信方法であって、基地局により受信された情報が示すように無線端末により選択された通信チャネルに対応する技術を用いる通信チャネルを生成するのに用いられる資源の量を増大させるために通信資源の使用を変更するように基地局を動作するステップを更に有する通信方法。

【請求項 28】

基地局と前記無線通信端末との間で情報を交信するのに用いることができる複数の異なった無線通信チャネルの通信品質情報セットであって、前記複数の異なった無線通信チャネルが、少なくとも第 1 の通信チャネル及び第 2 の通信チャネルを含み、第 1 及び第 2 の

50

通信チャネルが、前記第1及び第2の通信チャネルをそれぞれ確立するために用いられる第1及び第2の送信技術の関数である異なった品質特性を有し、前記第1及び第2の送信技術が異なっている通信品質情報セットと、

少なくとも前記第1及び第2の通信チャネルに対応する維持された通信チャネル品質情報の関数として信号を発生させる手段と、および

前記信号を前記基地局へ送信する送信機と

を有する無線端末。

【請求項29】

請求項28に記載の無線端末において、前記信号が、少なくとも前記第1及び前記第2の通信チャネルの品質に関する情報を含める無線端末。

【請求項30】

請求項29に記載の無線端末において、

前記無線端末が、前記第1及び第2の技術を用いて送信された信号を受信できる受信機を含み、前記第1及び第2の技術が、異なった相容れないアクセス技術である無線端末。

【請求項31】

請求項30に記載の無線端末において、異なったアクセス技術が、CDMA、OFDM及び狭帯域信号搬送波技術の少なくとも2つを含む無線端末。

【請求項32】

請求項29に記載の無線端末において、前記無線端末が、前記第1及び第2の技術を用いて送信された信号を受信できる受信機を含み、異なったアクセス技術の各々が、特定のアクセス技術を順守する要件を規定する異なった技術規格に対応し、前記異なったアクセス技術の1つであって、その他の異なったアクセス技術の規定された要件を侵害する通信要件を規定する前記異なったアクセス技術の1つに対応する技術規格が示すように、前記異なったアクセス技術が相容れない無線端末。

【請求項33】

請求項29に記載の方法において、前記無線端末が更に、

複数の受信アンテナと、

前記無線端末の動きの速度を示す測定を行う手段と、

前記無線端末の動きの速度を示す測定の関数として前記無線端末への通信で用いる通信チャネルを選択する手段と

を有する無線端末。

【請求項34】

複数の異なった通信チャネルに対応する信号を並行に送信する手段であって、前記通信チャネルの少なくとも2つが、異なったアクセス技術に対応するようになっている手段と

、
少なくとも2つの異なった通信チャネルに対応する信号品質情報の関数として発生された信号を無線端末から受信する手段であって、前記2つの異なった通信チャネルが、異なった通信技術に対応するようになっている手段と、および

受信した信号の関数としてチャネルセグメントを前記無線端末へ割り当てるチャネルセグメントアロケータと

を有する基地局。

【請求項35】

請求項34に記載の基地局であって、

特定の技術に対応するチャネルの選択を示す無線端末からの受信信号に応答して通信チャネルへ資源を割り当てることを制御する資源割り当て制御器を更に有する基地局。

【請求項36】

請求項35に記載の基地局において、前記資源割り当て制御器が、無線端末により選択された技術を用いて通信チャネルを生成するためにチャネル要求情報に応答することになっている基地局。

【請求項37】

10

20

30

40

50

請求項35に記載の基地局において、第2の技術を用いる通信チャネルに対する要求が増大すると、前記資源割り当て制御器が、第1の技術を用いて実装された通信チャネルから、第2の技術を用いる通信チャネルへ資源を再割り当て、前記第1及び第2の通信技術が異なっている基地局。

【請求項38】

請求項34に記載の基地局において、

無線端末から送信された信号の関数として異なった技術を用いて実装された少なくとも2つの異なった通信チャネルに対応するチャネル情報の関数として前記無線端末との通信に用いるべきチャネルを選択するチャネル選択手段を更に有し、2つの異なった通信チャネルが、異なったアクセス技術に対応するようになっている基地局。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線通信方法及び装置に関し、特に、複数の通信技術を動的な選択のように用いて1つ以上の装置と通信する方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

無線多重アクセス通信システムでは、基地局が、複数のユーザーと通信する責任を負う。一般に、ユーザーと基地局との間の無線通信チャネルの状態及び特性は、ユーザーごとに極めて多く変化することがある。その理由は、チャネルのフェージングが、大部分の無線チャネルで起こる偏在する現象でありながら、フェージング過程の性質が広範囲にわたって変化することがあるためである。例えば、迅速に移動しているユーザーは高速フェージングを経験し、この高速フェージングは、送信機にとって追跡が困難となることがある。他方、静止した、あるいは徒歩のユーザーは、受信機からのフィードバックを用いて送信機により正確に追跡できる極めて低速のフェージングを持つチャネルを一般に体験するので、すべてのチャネルシナリオにとって良好に機能する1つの技術を持つことを実行不可能にするおそれがある。

【0003】

いくつかの高度な通信技術は、最先端の無線通信システムを提案している。これら無線通信システムの多くは、複数のアンテナを送信機で用い、時々、受信機で用いる。いくつかの通信技術は、送信機は複数アンテナを有するが、受信機は単一のアンテナを持つように制約されている状況に最適化されている。この範疇内では、アラモウティ (Alamouti) 方式のようないくつかの技術は、送信機においてではなく、受信機において追跡できる急速にフェージングするチャネルを読み取る受信機に最適化されている。アラモウティ方式は、エス・エム・アラモウティ (S. M. Alamouti) 著「無線通信用単一送信機のダイバーシティスキーム」(A simple transmitter diversity scheme for wireless communications) アイイーイーイー・ジャーナル・オン・セレクトッド・エリアズ・イン・コミュニケーション (IEEE Journal on Selected Areas in Communication), 1998年10月, 第16巻, p. 1451-1458に記載されている。送信機及び受信機が複数のアンテナを有し、マトリクスチャネルを形成できる状況に適用できるMIMO (多入力多出力) 技術と一般に称する技術群がある。これら技術のいくつかは、1) プイ、タロク (V. Tarokh)、エヌ・セシャドリ (N. Seshadri) 及びアル・カルダーバンク (R. Calderbank) 著「高速データ信号速度無線通信の時空間符号: 性能基準とコード構造」(Space-time codes for high data rate wireless communication: Performance criterion and code construction) アイイーイーイー・トランザクション・オン・インフォメーション・セオリー (IEEE transactions on Inform

10

20

30

40

50

ation Theory), 1998年3月, 第44巻, p. 744-765, 並びに、2) エイ・ナギブ (A. Naguib)、エヌ・セシャドリー (N. Seshadri) 及びアル・カルダーバンク (R. Calderbank) 著「無線チャネル上のデータ通信速度の向上」(Increasing data rate over wireless channels) アイイーイーイー・シグナル・プロセッシング・マガジン (IEEE Signal Processing Magazine), 2000年5月に記載されている。これらは一般に、2次元に沿って性能を拡張できる。これらを、追加のダイバーシティ (ダイバーシティ利得) を得るために用いることができ、あるいは、送信アンテナと受信アンテナとの間で並列データストリームを確立すること (空間多重化) によりデータ速度を増大させるために用いることができる。一般に、所定の時間符号化技術は、かなりのダイバーシティ利得及びかなりの空間多重化利得を提供する。

10

【0004】

異なった送信技術は、マルチユーザーシステム内のあるユーザーセットに利点を与えることができるが、別の技術が、このシステム内の別の1つのユーザーセットに信号を供給するのにより良く適する場合がある。その上、例えば、ユーザーがある場所から別の場所へ移動し、且つ/または、ユーザーの移動速度が時間と共に変化するので、ユーザーに情報を供給する最善の方法を提供する技術が時間と共に変化するおそれがある。従って、特定時点での移動ニーズ、受信特性、及び/または、動き特性のようなその他の移動関連特性に最適、ある時点での特定技術の利点を移動ユーザーに与える方法及び装置が必要である。更に、マルチユーザーシステムでは、異なった無線端末、例えば、移動装置をセル内に構成できるのが望ましい。

20

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0005】

無線通信システム内のユーザーの混合を考えると、1つの特定範囲のユーザーに最適化された送信技術を用いるのは望ましくない場合がある。あらゆる種類のユーザーに対する1つの送信技術のこの使用は、システムの性能を制約するおそれがある。

【0006】

本発明は、無線通信チャネルを用いて1つ以上の無線端末、例えば、移動ノードと相互作用する基地局またはその他の共通ノードで、複数の異なった通信技術を支援することにより達成できる送信利点を生かす方法及び装置に関する。異なった通信技術を、例えば、アンテナパターンを制御する異なった方法、且つ/または、異なったアクセス技術を含む異なった送信技術とすることができる。アクセス技術は、多くの場合、公的に利用可能な工芸技術またはその他の一定規格にしばしば定義されている。

30

【0007】

本発明によれば、基地局は、この明細書で時々、パイプと称する複数の通信チャネルを支援する。通信チャネルの品質、従って、情報を伝達する容量は通常、特定のチャネルに割り当てられた資源の量と、チャネルを実装するのに用いられる技術の種類との双方の関数である。信号干渉のような物理状態も、無線送信に、従って、チャネルの品質に影響を及ぼす。しかし、チャネルへの物理状態の影響は、特定の通信チャネルを実装するのに用いられるアクセス技術の種類に応じてしばしば異なる。

40

【0008】

本発明の一実施形態によれば、基地局は、いずれかの特定の時点で、異なった技術に対応する複数のチャネルを支援する。チャネルを固定し、長期にわたって変わらないままにすることができ、例えば、その複数の期間、1つ以上の移動ノードが通信チャネルを用いる予定になっている。あるいはまた、例えば、さまざまな時点で存在する異なったチャネルの組み合わせをもたらす繰り返しの予測可能な方法で、異なった時点で維持される異なった技術に対応するチャネルを用いて、チャネルのいくつかあるいはすべてを、事実上、周期的とすることができる。これに加えて、且つ/または、異なったアクセス技術に対応する固定した通信チャネルセットを並行して用いる代替案として、異なった技術に対応す

50

るチャネルに対応するチャネルへ資源を動的に割り当てるように基地局を動作できる。例えば、いくつかの実施形態では、基地局に用いられるべき特定の技術に対応するチャネルの選択を指示する移動ノードに応答して、あるいは、特定の通信技術を用いて移動ノードとの通信を支援するように選択する基地局に応答して、基地局は、選択した通信技術に対応するチャネルを生成でき、且つ／または、選択した通信技術に対応する既存のチャネルに対して資源の割り当てを増大させ、例えば、選定した技術を用いる時間量を増大させ、これにより、特定の送信技術に対応するチャネルセグメントの数を増大させることができる。

【0009】

通信チャネルを生成するのに用いられる通信技術を相容れなくすることができ、しばしば、これら通信技術は相容れない。例えば、第1技術に対応する通信チャネルから、第1技術と相容れない第2技術を用いて実装された通信チャネル上の変化の際、異なった相容れない技術で生成された通信チャネル上の通信は、受信機及び／または送信機内で物理的な、且つ／または信号処理の変更を必要とする場合がある。その理由は、特定の技術に対応する信号の成功した受信及び／または送信に満足しなければならない特定のハードウェア設定要件、例えば、用いられるアンテナの数のような物理的な、且つ／またはその他の制約を特定の技術により課されるためである。通信技術は、1つ以上の標準化団体によって公開された通信規格により、しばしば規定されている。2つのうちの一方の通信技術の要件を規定または指定する通信規格の順守が、2つの通信技術の他方の要件を規定し、または別の方法で指定する規格で指定された要件を侵害する送信、受信、または、その他の強制あるいは動作を引き起こす場合に、通信規格により規定された2つの通信技術は相容れないと考えることができる。

【0010】

本発明に従って実施されるシステムは、少なくとも1つの通信セルを一般に含むが、より一般には、複数のセルを含む。各セルは、少なくとも1つの基地局を含む。複数の無線端末、例えば、移動装置は、例えば、1つ以上の通信チャネルのセグメントを用いていずれか所定の時点で基地局と一般に通信する。異なった通信チャネルが、異なった通信チャネルを用いれば、繰り返される時間間隔で、異なった技術を用いる周期的な予測可能な方法で、または、ある時点で複数の通信技術を支援することにより構成されたダイバーシティの利点を生かすため、少なくともいくつかの無線端末は複数の技術を支援する。例えば、無線端末は、OFDM及びCDMA通信を支援できる場合がある。いくつかの無線端末は複数の技術を支援するが、別の無線端末は1つの技術だけを支援する場合がある。例えば、いくつかの無線端末は1つの受信アンテナを含む場合があり、その一方で、別の無線端末は複数の受信アンテナを含む場合がある。複数の受信アンテナを含む無線端末は、MIMOを用い、複数の受信アンテナを必要とする通信チャネルと、1つの受信アンテナを用いる技術に対応するチャネルとの間で切り換えることができる場合がある。1つの受信アンテナを用いる無線端末は、チャネルを用い、または、1つの受信アンテナ技術を用いて実装されたチャネルを用い、依然として基地局と相互作用できるが、複数の受信アンテナを必要とするチャネルを生かすことができない。

【0011】

特定の時点で用いるチャネルの聡明な選択を支援するため、複数の技術を支援する各無線端末は、2つの異なった、例えば、相容れない技術を用いて実装された少なくとも2つのチャネルに対する品質情報セット、例えば、SNR情報を維持する。いくつかの実施形態では、無線端末は複数のチャネルの間で、例えば、異なったチャネルに対応する品質情報の比較により示されるように特定の時点で、どのチャネルが、より良い品質をもたらすことを示されるかに基づいて選択する。1つのこのような実施形態では、無線端末が決定した技術、及び／または特定の技術に対応するチャネルが、所望の品質レベルをもたらすことを示す信号を無線端末が基地局へ送信する。別の実施形態では、無線端末は、異なった技術を用いて実装された少なくとも2つのチャネルに関する品質情報を見る信号を基地局へ送信する。次に、基地局は、無線端末に所望の性能レベルを与える技術を用いて実

10

20

30

40

50

装されたチャネルを選択する。特定の無線端末との通信に用いるべきチャネルに関してチャネル選択を行う時、複数のチャネルが適切な品質レベルを無線端末に与えることができ、基地局が、報告されたチャネル品質情報に加えてロードするチャネルを考慮する基地局選択チャネル選択方法は、特に有益である。

【0012】

いくつかの実施形態では、移動ノードの移動性は、移動ノードとの通信に用いる技術を決する時に考慮される。移動ノードが高速で移動する場合、チャネルは、比較的高い速度で変化する可能性が高い。無線端末による動きの速度は、フェージングの速度、測定されたドップラー偏移、または、その他の信号、例えば、無線端末から送信された周期的な信号の電力レベルの変化率、または、無線端末により行われた、あるいは、無線端末へ信号送信されたタイミング修正の割合及び／または量に基づいて時々、推定される。

10

【0013】

チャネルが高速で変化する場合、無線端末がチャネル状態情報を基地局へフィードバックする速度も、例えば、情報を受信し、且つ／または、それに従って行動する時まで情報が著しく不正確でない程度に速くなるべきである。通信帯域の保持がしばしば、重視すべき事柄である無線システムでは、無線端末の迅速な動きの場合、わずかなチャネル状態フィードバックを用いて、あるいは、チャネル状態フィードバックを全く用いず、例えば、アンテナ送信パターンを調節する通信技術を用いるのが望ましい。

【0014】

無線端末の動きが零または比較的に遅い場合、無線端末からのフィードバック情報を基地局で用いてアンテナパターンを制御するビームフォーミング技術が極めて望ましい。

20

【0015】

従って、本発明のいくつかの実施形態では、無線端末は動きの速度を推定し、あるいは、基地局は、上述した技術の1つ以上を用いて、または、位置の変化を検出するために全地球測位システム(GPS)情報を用いるようなさまざまなその他の技術を用いて動きの決定を行う。いくつかの実施形態では、次に、特定の測定された、あるいは推定された動きの速度に最も適する通信技術を用いて実装された通信チャネルを検出するのに動きの速度を用いる。いくつかの場合、このことは、無線端末が高速で移動する場合、ほとんどもしくは全くチャネル状態フィードバック情報を必要としない技術を用いるチャネルを選択し、無線端末が低速で移動する場合、速いチャネル状態フィードバック速度を用いる通信チャネルを選択することを含む。使用される技術が、局端末の場合に零である無線端末の動きの速度に最も適合できるように、異なった通信技術に対応する通信チャネルの間で選択するのに、異なった動きの速度しきい値を無線端末に用いることができる。

30

【0016】

物理的な問題に加えて、送信されるデータの種類、並びにデータの量は、特定の技術に対応するチャネルの選択に影響を与える場合がある。例えば、いくつかの技術は、長期間、連続的、または、ほぼ連続的な接続及び／またはデータの流れを必要とする場合がある音声トラフィックに適することができ、別の技術は、最小セットアップ時間を有益とする場合がある短期集中的なデータ送信に適することができる。

【0017】

上記の説明を考慮して、複数の異なった通信技術を支援できる無線端末が、さまざまな異なった、しばしば、相容れない通信技術を用いて実装されたチャネルを切り換えることにより利点を獲得できることが分かる。これにより、無線端末が、特定の与えられた状況に対して最善の、あるいは少なくとも適切な支援された技術を用いる利点を獲得できる。本発明に従って無線端末が支援できる異なったアクセス技術の例は、CDMA、OFDM及び狭帯域信号搬送波技術を含む。さまざまなWiFi規格及び／またはその他の通信規格で規定されたアクセス技術も支援できる。

40

【0018】

本発明の多数の追加の利点、実施形態及び特徴を、後に続く詳細な説明に記述する。

【発明を実施するための最良の形態】

50

【0019】

本発明は、複数の送信アンテナを用いる無線マルチユーザ通信システムの全体的な性能を高める方法及び装置を開示する。参考として本明細書に明示的に組み入れられる2000年10月18日提出の米国特許出願第09/691,766号明細書で記述されたシステムのようなシステムに本発明の方法及び装置を用いることができる。本発明を用いることができる通信システムは典型的に、あるユーザから別の1つのユーザへ著しく変化するおそれのあるチャネル状態及び特性を有する複数の無線ユーザへの／からの通信をしつぱし、特徴とする。本発明を説明する目的のため、この明細書の残りを、例示的なセル式無線システムに照らして提示する。しかし、本発明は、無線通信システムの別の趣、例えば、非セル式システムでも本発明の利点を実現するのに十分に基本的である。

10

【0020】

本発明は、セル式無線システムの（移動ユーザが基地局へ送信する）アップリンクチャネルと同様に（基地局から移動ユーザへの）ダウンリンクチャネルにも重大な利点を実現する。以下の説明はダウンリンクに焦点を合わせるが、当然のことながら、この技術が事実上、一般的であって、移動、例えば、無線端末が複数の送信アンテナを有するシステムでのアップリンクにも適用できる。

【0021】

本発明の中心となる考えは、システム内の利用可能な送信資源の再分割による複数の並列「パイプ」の生成であり、これらパイプで複数の送信アンテナを用いる異なった送信技術の実現である。

20

【0022】

本発明によれば、「パイプ」は、最も一般的に、利用可能なエアリンク資源の一部分である。受信機がいずれかの並列パイプの無線チャネル品質を独立して測定できるように、利用可能な自由度がいくつかのパイプに分割されている。周波数で、時間で、または符号で、あるいは、これらのいずれかの組み合わせで、あるいは、いずれかの特定の手段で分割を行うことができる。

【0023】

一般に、パイプの構成を、周波数分割または時分割方法、あるいは、組み合わせられた時間／周波数方法によることができる。図1の実施形態は、エアリンク資源を周波数で分割することにより並列パイプを構成する。図1は、縦軸102上の周波数対横軸104上の時間のグラフ100である。図1は、4つのダウンリンク並列パイプA106、B108、C110及びD112を含む。パイプA106は、2つのばらばらな周波数セグメント106A、106Bを含み、高速移動性の使用のためのパイプを表すことができる。パイプB108、パイプC110及びパイプD112は各々、1つの周波数セグメントを含み、低速移動性のユーザのためのパイプを表すことができる。エアリンク資源を時間で分割することにより並列パイプが得られる別の実施形態を図2に示す。図2は、縦軸202上の周波数対横軸204上の時間のグラフ200である。図2は4つのセグメント206、208、210、212を含み、各セグメント206、208、210、212は同じ周波数範囲を占めるが、異なった時間枠を占める。図1及び図2に示す2つの実施形態を混合させて、周波数分割及び時間分割の双方で並列パイプを構成する図3に示すような別の実施形態につなげることができる。図3は、縦軸302上の周波数対横軸304上の時間のグラフ300である。図3には、4つの物理的な周波数帯域、すなわち、第1の物理的な周波数帯域306、第2の物理的な周波数帯域308、第3の物理的な周波数帯域310及び第4の物理的な周波数帯域312を示す。図3には、3つの時間枠、すなわち、第1の時間枠314、第2の時間枠316及び第3の時間枠318も示す。図3では、各パイプ320、322、324、326は、特定の論理的な周波数範囲に規定されているが、異なった物理的な周波数帯域を1つの時間枠から次の時間枠まで占める。異なった種類の陰影表示を用いて、図3の異なったパイプを区別する。同じ陰影表示を有する異なった周波数時間ブロックは、同じパイプに対応する。パイプ320は第1の時間枠314内に周波数帯域312を占め、第2の時間枠316内に周波数帯域308を占め、第3

30

40

50

の時間枠 318 内に周波数帯域 306 を占める。パイプ 322 は第 1 の時間枠 314 内に周波数帯域 310 を占め、第 2 の時間枠 316 内に周波数帯域 306 を占め、第 3 の時間枠 318 内に周波数帯域 312、308 を占める。パイプ 324 は第 1 の時間枠 314 内に周波数帯域 308 を占め、第 2 の時間枠 316 内に周波数帯域 310 を占める。パイプ 326 は第 1 の時間枠 314 内に周波数帯域 306 を占め、第 2 の時間枠 316 内に周波数帯域 312 を占め、第 3 の時間枠 318 内に周波数帯域 310 を占める。図 6 には、CDMA 及び OFDM システムに並列パイプを用いた例示的な実施形態を示す。図 6 は、例示的な CDMA システム内の 3 つのパイプ、すなわち、パイプ (1) 602、パイプ (2) 604 及びパイプ (3) 606 を示す図面 600 である。図面 600 は、周波数を表す横軸 608 を含む。例示的な CDMA システムは、各々が 1.25 MHz のパイプを表し、合計 3 つのパイプ (パイプ (1) 602、パイプ (2) 604 及びパイプ (3) 606) をもたらす 3 つの搬送波 603、605、607 に分割された全部で 5 MHz の帯域幅 610 を有する。従って、この 5 MHz の CDMA システムには、3 つの並列パイプ 602、604、606 が存在する。図 6 には、例示的な OFDM システム内の複数のパイプを表す図面 650 も示す。図面 650 は、周波数を表す横軸 652 を含む。図示の OFDM システムも、N 個のトーンに分割された全部で 5 MHz の帯域幅 654 を有する。ここでは、個々のトーンを表すのに、垂直な矢印 656 を用いる。図 6 には、これら N 個のトーン 656 が 4 つのサブセット 658、660、662、664 に分割されている。図面 650 は、3 つの並列パイプ 666、668、670 を含む。第 1 の並列パイプ 666 は、2 つのトーンサブセット 658、664 を含む。第 2 の並列パイプ 668 は、1 つのトーンサブセット 660 を含む。第 3 の並列パイプ 670 は、1 つのトーンサブセット 662 を含む。従って、この 5 MHz の OFDM システムには、3 つの並列パイプが存在する。

【0024】

図 7 は縦軸 702 上の周波数対横軸 704 上の時間のグラフ 700 であって、例示的な CDMA または OFDM システムに用いることができる並列パイプを示す。図 7 では、図示の CDMA または OFDM システムは、時刻分割方法で 2 つの並列パイプ 708、710 により共有された全部で 1.25 MHz の帯域幅 706 を有する。異なった陰影表示を用いて、異なったパイプ 708、710 の成分を示す。一方のパイプの成分を示すのに水平線を用い、他方のパイプの成分を示すのに垂直線を用いる。パイプ (1) 708 は、時間 t_0 712 から t_1 714 まで、そして、時間 t_2 716 から t_3 718 まで 1.25 MHz の帯域幅を占有する。パイプ (2) 710 は、時間 t_1 714 から t_2 716 まで、そして、時間 t_3 718 から t_4 720 まで 1.25 MHz の帯域幅を占有する。

【0025】

このように形成されたパイプの各々は、送信機で利用可能な複数の送信アンテナの特定使用と関連付けられている。一般に、異なったパイプは、利用可能なアンテナを別々に使用する。パイプ内での送信技術を、無線チャネル特性の特定の範疇に最適化でき、この送信技術は一般に、ユーザーの特定の範疇に適する。この分割の望ましい特性は、無線受信機が、各パイプに対応するチャネル状態を独立して監視できなければならないということである。このことを達成できる 1 つの方法は、例えば、パイロットを各パイプに独立して送信してチャネルの推定を容易にすることである。

【0026】

本発明の例示的な実施形態を、セル式無線データ通信システムに照らして以下に説明する。例示的なシステムは、参照することにより本明細書に組み入れられる米国特許出願第 09/706,377 号明細書及び米国特許出願第 09/706,132 号明細書で開示されたシステムに類似する。例示的なシステムは、参考にした明細書に記述したシステムの修正を含む、このことは、例示的なシステムに本発明を実施させる。例示的な無線システムは、本発明を説明する目的のために用いられるが、本発明は、例示よりも広い範囲内にあり、一般に、多くの別の通信システムにも本発明を適用できる。

【0027】

10

20

30

40

50

無線データ通信システムでは、エアリンク資源は、帯域幅、時間または電力を一般に含む。データ及び／または音声トラフィックを運ぶエアリンク資源は、トラフィックチャネルと呼ばれる。データは、トラフィックチャネルセグメント（略して、トラフィックセグメント）内にトラフィックチャネルにわたって伝達される。トラフィックセグメントは、利用可能なトラフィックチャネル資源の基本または最小単位として作用できる。ダウンリンクトラフィックセグメントは、基地局から無線端末までデータトラフィックを運び、その一方で、アップリンクトラフィックセグメントは、無線端末から基地局までデータトラフィックを運ぶ。本発明を適用できる1つのシステムは、米国特許出願第09／267,471号明細書に開示されたスペクトル拡散OFDM（直交周波数分割多重化）多重アクセスシステムである。

【0028】

本発明を説明するのにここで用いる例示的なシステムでは、トラフィックセグメントは、有限の時間間隔にわたって多数の周波数トーンを含む。並列パイプの各々は、基地局と通信している無線端末の間で動的に共有できるトラフィックセグメントを含む。スケジューリング機能は、各アップリンク及びダウンリンクトラフィックセグメントを多数の基準に基づいて移動端末の1つ（またはそれ以上）に割り当てる基地局内のモジュールである。所定のトラフィックセグメントを1つのパイプ内に完全に含めることができ、より一般的には、このトラフィックセグメントは、2つ以上のパイプ内に、あるいは、各パイプ内にさえ、資源を占有できる。送信機及び受信機は、パイプ内のトラフィックセグメントの構成を分かっている。

【0029】

ユーザーへのトラフィックセグメントの割り当てをセグメントごとに行い、異なったセグメントを、異なったユーザーへ割り当てることができる。図8は、動的に共有されるトラフィックセグメントを示す図面800である。図8は、時間を表す横軸804に対する、周波数を表す縦軸802を含み、例示的なトラフィックセグメントをプロットするの用に用いられる。例えば、図8には、陰影表示について垂直線を有するセグメントA806が基地局スケジューラによりユーザー＃1に割り当てられ、陰影表示について水平線を有するセグメントB808がユーザー＃2に割り当てられている。基地局スケジューラは、トラフィックニーズ及びチャネル状態に従ってトラフィックチャネルセグメントを、異なったユーザーに迅速に割り当てることができる。チャネルセグメントの割り当てを一般に、時間的に変更できる。従って、トラフィックチャネルを効果的に共有し、異なったユーザー間でセグメントごとに動的に割り当てる。

【0030】

本発明の例示的なシステムでは、ユーザーへのダウンリンク（及びアップリンク）トラフィックチャネルセグメントの割り当て情報は、一連の割り当てセグメントを含む割り当てチャネルに運ばれる。各トラフィックセグメントは、固有の割り当てセグメントと関連付けられている。割り当てセグメントは、1つ以上のトラフィックセグメントに関する割り当て情報を伝達でき、いくつかの実施形態では、この情報を伝達する。1つ以上の所定のトラフィックセグメントに関連する割り当てセグメントは、関連の（複数の）トラフィックセグメントに対する割り当て情報を伝達する。割り当て情報は、関連の（複数の）トラフィックセグメントを利用するのに割り当てられた（複数の）ユーザー端末の識別子と、更に、関連の（複数の）トラフィックセグメントに用いられる符号化及び変調方式とを含むことができる。図9は、割り当てとトラフィックセグメントとの対応を示す図面900である。図9は、時間を表す横軸904に対する、周波数を表す縦軸902を含み、例示的な割り当て及びトラフィックセグメントをプロットするのに用いられる。例えば、図9には、関連のトラフィックセグメントA910及びB912にそれぞれ対応する割り当て情報は伝達する2つの割り当てセグメントA'906、B'908を示す。割り当てチャネルは、共有されたチャネル資源である。ユーザーは、割り当てチャネル内に伝達された割り当て情報を受信し、その後、割り当て情報に従ってトラフィックチャネルセグメントを利用する。割り当てセグメントをいずれか1つのパイプに含めることができ、より一

10

20

30

40

50

般的には、最大ダイバーシティを構成するように多くのパイプまたは各パイプにわたって割り当てセグメントを分割できる。

【0031】

基地局によりダウンリンクトラフィックセグメント上に送信されたデータは、対象とする無線端末内の受信機により復号化され、その一方で、割り当てられた無線端末によりアップリンクセグメント上に送信されたデータは、基地局内の受信機により復号化される。典型的に、送信されるセグメントは、受信機を助けて、データが正確に復号化されたかを決定する冗長ビットを含む。このことを行うのは、無線チャネルが信頼できないおそれがあり、役立つようにするためには、データトラフィックが高度な整合性要件を典型的に有するためである。

【0032】

無線システムでの干渉、雑音及び／またはチャネルのフェージングのため、トラフィックセグメントの送信は成功するかもしれないし、失敗するかもしれない。本発明の例示的なシステムでは、トラフィックセグメントの受信機は、セグメントが正確に受信されたかを示すために肯定応答を送信する。トラフィックチャネルセグメントに対応する肯定応答情報は、一連の肯定応答セグメントを含む肯定応答チャネルに運ばれる。各トラフィックセグメントは、固有の肯定応答セグメントと関連付けられている。ダウンリンクトラフィックセグメントの場合、肯定応答セグメントは、アップリンク内にある。アップリンクトラフィックセグメントの場合、肯定応答セグメントは、ダウンリンク内にある。最小限では、肯定応答セグメントは1ビットの情報で、例えば、関連のトラフィックセグメントを正確に受信したかどうかを示すビットを伝達する。アップリンクトラフィックセグメントと肯定応答セグメントとの間で予め決定された関連性のため、ユーザー識別子または肯定応答セグメント内のセグメントインデックスのような別の情報を伝達する必要をなくすることができる。肯定応答セグメントをいずれか1つのパイプに含めることができ、より一般的には、最大ダイバーシティを構成するように多くのパイプまたは各パイプにわたって肯定応答セグメントを分割できる。

【0033】

肯定応答セグメントは、ユーザー端末により一般に用いられ、このユーザー端末は、別のユーザー端末でなく、関連のトラフィックセグメントを利用する。従って、双方のリンク（アップリンク及びダウンリンク）では、例えば、異なったユーザーが、異なったセグメントを、異なった時点で用いるというように、肯定応答チャネルを複数のユーザーにより用いることができるので、肯定応答チャネルは、共有される資源である。共有される資源ではあるが、ユーザー端末が特定の肯定応答セグメントを用いることになっていてあまい性がないので、肯定応答チャネルの使用から起こる争いはない。図10は、受信したトラフィックセグメントに反応して送信された肯定応答を示す図面1000である。図10は、ダウンリンクトラフィックセグメントを示すのに用いられた縦軸1004上の周波数対横軸1006上の時間の図面1002を含む。図面1002では、例示的なダウンリンクトラフィックセグメントA1008及び例示的なダウンリンクトラフィックセグメントB1010を示す。図10は、縦軸1004上の周波数対横軸1006上の時間の図面1002も含み、この図面は、受信したダウンリンクトラフィックセグメント信号に反応して送信された肯定応答信号を送信するのに用いることができるアップリンク肯定応答セグメントチャネルの肯定応答セグメントを示すのに用いられる。図10の図面1002は、ダウンリンクトラフィックセグメントA1008及びB1010の肯定応答情報を伝達する2つのアップリンク肯定応答セグメントA'1008及びB'1010を示す。

【0034】

図1には、上述した例示的なOFDMシステムの枠組みで本発明の基本的な実施形態を示す。この実施形態では、利用可能な帯域幅は、異なったユーザーに同時に供給するのに用いることができる「A」106、「B」108、「C」110、「D」112と付した4つの並列パイプに周波数で分割されている。パイプ106、108、110、112の各々は、以下で説明するように、それ自体の2アンテナ送信技術と関連付けられている。

10

20

30

40

50

3つ以上のアンテナへの拡張が可能である。

【0035】

例示的なOFDMシステムのスペクトル拡散特性は、利用可能な帯域幅にわたって、論理的なトーンを疑似乱数的に周期的にホッピングできるようにすることにより得られる。本発明に即して、並列パイプの各々は、それが規定された帯域幅内にスペクトル拡散特性を維持できる。特定のパイプに規定されたすべてのチャンネルに用いられるトーンは、パイプが規定された周波数帯域幅／複数の帯域幅にわたって疑似乱数的にホッピングされる。より一般的には、システム内での論理的なトーンは、2つ以上のパイプの帯域幅資源にわたってホッピングできる。

【0036】

本発明によれば、各並列パイプのチャンネル品質の測定を容易にする必要がある。例示的なシステムに即して、チャンネル品質の測定を容易にするのにパイロットトーンを用いることができる。チャンネル品質の測定は、信号対干渉比（SIR）及びフェージング特性を含むことができる。この実施形態では、各並列パイプは、それ自体パイロットトーンを含む。各パイプに用いられるパイロットの密度を、以下で説明するように用いられる送信技術に適するように変更できる。例示的な実施形態では、移動受信機は、パイプのチャンネル品質を推定する。チャンネル品質の推定値に基づいて、この受信機は次に、データトラフィックセグメントを受信する最良のパイプを決定する。移動受信機は次に、このパイプの選択をパイプのチャンネル品質推定値と一緒に基地局へ報告する。パイプに用いられた送信技術に応じて、チャンネル推定値の報告の構成は、異なったパイプによって異なることができる。

【0037】

複数の並列パイプの独立したチャンネル推定値は、パイプ選択処理を容易にする。この概念は、基地局送信機と相まって移動受信機にパイプの選択を実行できるようにする。

【0038】

より一般的な設定では、ユーザー受信機が、データを受信するための最良のトラフィックセグメントが2つ以上のパイプにわたって分割されたものであるかを決定できる。この場合、移動受信機は、トラフィックセグメントのこの選択をチャンネル品質推定値と一緒に基地局へ示す。ここで、チャンネル品質推定値は、セグメントが分離された対応のパイプのチャンネル品質推定値に基づいて形成される。

【0039】

移動端末と同様に基地局も、トラフィックデータ及び割り当てチャンネルに加えて共通の制御チャンネルを用いることができる。電力制御及び／またはその他の制御情報を伝達するのに制御チャンネルを用いることができる。制御チャンネル資源を1つのパイプに完全に含めることができ、より一般的には、2つ以上のパイプに分離できる。

【0040】

図1に示す例では、パイプB108、C110及びD112は各々、隣接するスペクトル帯域内の資源から形成されているが、パイプA106は2つの非隣接の帯域106A及び106Bから形成されている。多くのパイプを持つという裏にある意図は、異なったパイプが、異なったユーザー端末に対して異なったチャンネル品質を持つ可能性が高いように2つの利用可能な基地局送信アンテナを各パイプで別々に用いるということにある。図1には、パイプ「B」108、「C」110及び「D」112は、チャンネル品質フィードバックの周波数に比べて比較的ゆっくりと変化し、従って、チャンネル品質を基地局で確実に追跡できるチャンネルを有するユーザー端末へ、例えば、低い可動性または、静止したユーザーへの送信に対して最適化されている。このシナリオでは、切り換え型の便宜的なビームフォーミングの技術は、マルチユーザーダイバーシティを生かす知的スケジューリングで補足され、当然の適用である。参照することにより本明細書に組み入れられる米国特許仮出願第09/691,766号明細書に記述されたような便宜的なビームフォーミングは、移動ユーザーが、準静的に、またはゆっくりと変化するチャンネルを経験するシナリオにおいてマルチユーザーダイバーシティを生かすために用いる技術である。この技術では

、基地局送信機は、システム容量を増大させるため、便宜的なスケジューラにより生かせることができるチャネル変動を意図的に生成するのに複数の送信アンテナを用いる。切り換え型の便宜的なビームフォーミングでは、基地局送信機は、独立した便宜的なビームを複数の並列パイプ内に生成できるという追加の利点を有する。移動受信機は、すべてのパイプにわたって無線チャネルの変化を追跡でき、好ましいパイプのチャネル品質と一緒に、好ましいパイプを基地局へ報告し返すことができる。パイプの少なくとも1つがその他のパイプよりもかなり良い可能性が極めて高いように、引き起こされたチャネル変化を並列パイプ間で協調させることができる。この技術は、あらゆる利用可能な周波数ダイバーシティ利得に加えてビームフォーミング利得も一緒に、2つの送信アンテナにより提供された利用可能な送信ダイバーシティ利得を実現できる。異なった基地局が、同じ（または類似の）パイプ構造を用いるセル式配備では、ユーザー端末は、所望の基地局にとって良いチャネルと、干渉する基地局にとってあまり良くないチャネルとを有するパイプを選択する可能性が高い。結果として生じる追加の利得を、便宜的なセル協調利得と称する。本明細書の残りの部分では、「B」108、「C」110及び「D」112と付されたパイプを、「便宜的なビームフォーミングパイプ」と称し、これらは、切り換え型の便宜的なビームフォーミング技術を用いることができることと仮定する。この切り換え型の便宜的なビームフォーミング技術は、この技術の一般化の各々を含み、参照することにより本明細書に組み入れられる米国特許仮出願第09/691,766号明細書に記述されている。

【0041】

2つの送信アンテナを使用する一例を用いて、切り換え型の便宜的なビームフォーミングの概念を動機付けることができる。図4は、基地局が1つの便宜的なビームを用いた場合に移動受信機により読み取られたチャネル変化を示すグラフ400である。グラフ400は、受信したSNRを表す縦軸402と、時間枠内の時間を表す横軸404と、1つの便宜的なビームを用いた受信機により経験されたSNRのプロット406とを含む。図5は、基地局が、位相にずれがある2つの便宜的なビームを用いた場合に移動受信機により読み取られたチャネル変化を示すグラフ500である。図5では、基地局は、位相が互いにずれた2つの便宜的なビームを、異なったパイプに生成する。グラフ500は、受信したSNRを表す縦軸502と、時間枠内の時間を表す横軸504と、ビーム1に対して受信機が経験したSNRのプロット506と、ビーム2に対して受信機が経験したSNRのプロット508とを含む。受信機は、どんな特定のパイプでも時間と共に変化するチャネル品質を理解し、一般に、図4及び図5で示すように、別の1つのパイプ（及び対応のビーム）が低いチャネル品質を呈する場合、受信機はパイプ（及び対応のビーム）のうちの1つの高いチャネル品質を読み取る。2つのビームの使用は、チャネル品質が高い瞬間を待つ受信機への待ち時間を効果的に減少させることができ、受信機がチャネル品質に応じてビームの間で選択できるということが容易に分かる。受信機は、これらビームのうちで最も強いビームを選択し、選択したビームと関連するパイプ（及び関連のチャネル品質）を送信機へ報告するため、送信機がトラフィックを最善のチャネル品質のパイプで受信機へ送信できるようにする位置にある。

【0042】

本発明に即して、基地局送信機は、便宜的なビームを生成する目的にパイプ「B」108、「C」110及び「D」112の各々に2つのアンテナを用いると仮定する。移動受信機を考慮し、2つの送信アンテナからこの移動受信機への変調チャネル応答を、 $h_a(t)$ 及び $h_b(t)$ とそれぞれ表す。説明を明確にするため、どちらかのアンテナから受信機へのチャネル応答が周波数にわたって一定であって、従って、複数のパイプにわたって一定であると仮定する。しかし、この仮定は、本発明を決して損なわず、または拘束しない。 $\{a_1(t), a_2(t), a_3(t)\}$ 及び $\{\beta_1(t), \beta_2(t), \beta_3(t)\}$ を、パイプ「B」108、「C」110及び「D」112のそれぞれに第1及び第2のアンテナ上の信号を変調するのに用いる変調係数とする。便宜的なビームフォーミングパイプにわたって送信されるべき信号が、

$$\overline{S}(t) = \{S_B(t), S_C(t), S_D(t)\},$$

で示される場合、2つのアンテナから、パイプにわたって送信される実際の物理的信号を、

$$\overline{S}^{(1)}(t) = \{\alpha_1(t)S_B(t), \alpha_2(t)S_C(t), \alpha_3(t)S_C(t)\}$$

$$\overline{S}^{(2)}(t) = \{\beta_1(t)S_B(t), \beta_2(t)S_C(t), \beta_3(t)S_C(t)\}$$

10

で表すことができる。

【0043】

従って、便宜的なビームフォーミングパイプで受信機により受信された信号は、

$$R_B(t) = S_B(t) [h_a(t)\alpha_1(t) + h_\beta(t)\beta_1(t)]$$

$$R_C(t) = S_C(t) [h_a(t)\alpha_2(t) + h_\beta(t)\beta_2(t)]$$

$$R_D(t) = S_D(t) [h_a(t)\alpha_3(t) + h_\beta(t)\beta_3(t)]$$

により与えられる。

20

【0044】

従って、本発明が、2つの送信アンテナ及び複数の並列パイプを用いるシステムに適用される場合、送信機から受信機へのk番目の並列パイプでの合成チャネル応答は、 $\alpha_k(t)h_a(t) + \beta_k(t)h_\beta(t)$ により効果的に与えられる。

【0045】

送信機での係数 $\{\alpha_k(t)\}$ 、 $\{\beta_k(t)\}$ の値の適切な選択の場合、少なくとも1つの便宜的なビームフォーミングパイプは、別のパイプの合成チャネル応答よりも高い合成チャネル品質を有する可能性が高い。係数 $\{\alpha_k(t)\}$ 、 $\{\beta_k(t)\}$ の選択は、かなり柔軟性がある。一実施形態では、 $\{\alpha_k(t)\}$ は定数に設定され、 $\{\beta_k(t)\}$ は、位相が時間と共に回転する一定振幅の複素数であるように設定される。すなわち、

30

$$\alpha_k(t) = 1$$

$$\beta_k(t) = \exp(j2\pi f_{rot}t + v_k)$$

であり、ここで、位相ずれ $\{v_k\}$ は $[0, 2\pi]$ 内で一様に分布する。この例では、便宜的なビームフォーミングを用いるパイプが存在するので、 $v_1 = 0$ 、 $v_2 = 2\pi/3$ 、 $v_3 = 4\pi/3$ として位相ずれを選択できる。この特定の実施形態は、各々が周波数 f_{rot} で回転する3つの便宜的なビームをもたらす。一般に、これら位相ずれは、上述したように一様に分布する必要はない。システムをユーザーの特定の空間分布に最適化するため、ビーム間のずれを、遅い速度で変えることとさえできる。

【0046】

より一般的な場合では、 β_k を周波数の関数とすることもでき、特に、 $\beta_k(t, f) = \exp(j2\pi f_{rot}t + j2\pi\Delta f + v_k)$ であり、ここで、 Δf は、他方のアンテナの信号に対する1つのアンテナの信号の遅延を表す。この一般化は、パイプB108、C110及びD112でアンテナの一方から送信された信号が単に、他方のアンテナ上に送信された信号の遅延バージョンである場合にも及ぶ。この遅延は、受信機においてチャネルの周波数選択フェージングをもたらす。言い換えれば、パイプB108、C110及びD112の範囲にわたる帯域のある部分は、2つの信号からの破壊的干渉を受信機で有し、この帯域のその他の部分は、建設的干渉を有することができる。その結果として、2つのアンテナからの信号が建設的に加わる帯域部分に含まれるパイプは、信号が破壊的に加わるその他のパイプよりも良好なチャネル品質を有する。この場合で最善のパイプを選択することにより、ユーザー端末はビームフォーミング利得を実現できる。

50

【0047】

別の実施形態では、利用可能なアンテナのサブセットへパイプの各々を効果的に送信できる。例えば、2つの送信アンテナが存在する場合には、一方のアンテナを用いて各パイプを送信できる。このことを、 (α_k, β_k) の大きさを $(1, 0)$ または $(0, 1)$ 付近にできるように設定することにより達成できる。移動端末は、アンテナのどちらか一方に対する高チャネル品質を読み取り、従って、適切なパイプを選択し、この選択を基地局へ報告できる。その上、送信アンテナに対するチャネルが変化するとともに、パイプのこの選択は、時間と共に動的に変更できる。

【0048】

切り換え型の便宜的なビームフォーミングの枠組みの概念は、送信機が、異なったパイプで複数のオフセットビームを送信し、受信機が並列パイプのチャネル品質を独立して測定し、最善のパイプとこのパイプの測定結果とを送信機へ報告するということである。送信機はこのパイプでトラフィックを受信機へ送信する。切り換え型の便宜的なビームフォーミングから利点を得るため、受信機は、 $h_{\alpha}(t)$ 及び $h_{\beta}(t)$ を明白に推定する必要がなく、このパイプに関する合計のSNRを測定するだけで足りる。

【0049】

パイプB108、C110及びD112の選択は、送信機で追跡できるチャネル品質を有するこれらユーザーを支援する。高速で移動するユーザーに対して、フィードバックの遅延のため、チャネル品質を基地局送信機で常に追跡できるというわけではない。これらユーザーは、上述した切り換え型の便宜的なビームフォーミング方式から利点を得ることができない。この状況では、複数の独立したフェージング過程にわたって平均化することによりダイバーシティ利得を増大するように作用するダイバーシティ技術が適している。多くのこのような技術は典型的に、チャネルを推定し、受信機で追跡するだけで足り、送信機へのフィードバックを必要としない。

【0050】

ユーザーのこの範疇を作用するように図1のパイプA106を最適化できる。本発明に従って送信ダイバーシティ利得を発生させるのにパイプA106で用いることができる1つの時空間符号は、エス・エム・アラモウティ(S. M. Alamouti)著「無線通信用単一送信機のダイバーシティスキーム」(A simple transmit diversity scheme for wireless communications)アイイーイーイー・ジャーナル・オン・セレクトッド・エリアズ・イン・コミュニケーション(IEEE Journal on Selected Areas in Communication), 1998年10月, 第16巻, p. 1451-1458に記載されているアラモウティ方式である。この技術では、2つの送信アンテナが以下のように用いられている。「A」106と付したパイプが2つの送信アンテナを有すると仮定する。パイプにわたって伝達される信号を $S(t)$ で示すとする。ここで、 t は離散的時間であると仮定する。アラモウティ方式では、2つの連続的なシンボルが送られ、2つの瞬間に2つのアンテナを用いて送信される。 $X_1(t)$ 及び $X_2(t)$ がそれぞれ、2つのアンテナからの出力信号を表すとする。これにより、

$$\begin{bmatrix} X_1(t) & X_1(t+1) \\ X_2(t) & X_2(t+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S(t) & -S^*(t+1) \\ S(t+1) & S^*(t) \end{bmatrix}$$

として表すことができる。

【0051】

2つのアンテナから移動受信機への変調チャネル応答をそれぞれ、 $h_1(t)$ 及び $h_2(t)$ により示すと仮定する(簡単化のため、フラットチャネルを仮定するが、チャネルが周波数に依存する一般的な場合をも容易に取り扱うことができる)。2つのシンボルに

ついて一定であり続けるとチャネル係数を仮定すれば、このことは、緩やかな仮定であり、移動受信機により受信された合成信号を、
 $Y(t) = h_1 X_1(t) + h_2 X_2(t) + W(t)$
 $Y(t+1) = h_1 X_1(t+1) + h_2 X_2(t+1) + W(t+1)$
 により表すことができ、このことを、原信号 $S(t)$ の観点から

$$\begin{bmatrix} Y(t) \\ Y(t+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_1 S(t) + h_2 S(t+1) + W(t) \\ -h_1 S^*(t+1) + h_2 S^*(t) + W(t+1) \end{bmatrix}$$

10

として、あるいはまた、

$$\begin{bmatrix} Y(t) \\ Y^*(t+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_1 & h_2 \\ h_2^* & -h_1^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S(t) \\ S(t+1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} W(t) \\ W^*(t+1) \end{bmatrix}$$

としても書き換えることができる。

【0052】

2つのアンテナからのチャネル応答が既知であれば、送信機コード構造を逆にし、送信信号を以下の変換、すなわち、

$$\begin{bmatrix} \hat{S}(t) \\ \hat{S}(t+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_1^* & h_2 \\ -h_2 & h_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y(t) \\ Y(t+1) \end{bmatrix} = \left(|h_1|^2 + |h_2|^2 \right) \begin{bmatrix} S(t) \\ -S(t+1) \end{bmatrix} + \text{雑音}$$

20

により抽出することは容易である。これにより、フェージングチャネルに2次数のダイバーシティをもたらす。

【0053】

用いられた送信ダイバーシティ技術に加えて、周波数ダイバーシティは、周波数選択フェージングに対抗するのに役立つことができる。このため、「A」106と付されたパイプは、それが、周波数で分離されている2つの部分106A、106Bについて規定されているように位置付けられている。送信されるデータは、パイプ「A」106を構成する2つの部分106A、106Bについて一緒に符号化される。用いられたアラモウティ方式が、基地局での2つの送信アンテナと、無線チャネルのコヒーレンス帯域幅よりも大きい周波数で分離された2つのパイプ部分について符号化されたデータとを使用する場合、移動受信機は、高速フェージングチャネルを十分に補償する4次数のダイバーシティを理解できる。

30

【0054】

各送信アンテナからのチャネル応答を移動受信機で推定するため、パイプ「A」106は、パイロットトーンの2つのセットを可能にする。一方は第1のアンテナからのみ送信されるが、他方は第2のアンテナから送信される。

40

【0055】

基本的な実施形態では、各移動受信機は、それ自体のチャネル特性を異なったパイプで監視し、選択を行う。ユーザー端末は、適切なチャネル状態フィードバックと一緒にこの選択を基地局へ報告し返す。例えば、ユーザーが、低移動性を有すると決定すれば、便宜的なビームフォーミングパイプB108、C110またはD112の最善のものを選択し、好ましいパイプに関して受信された合計のSNRを報告できる。ユーザーが高移動性の状況にあり、高速フェージングを経験すれば、アラモウティ技術を用いるパイプA106の選択を、パイプA106のチャネル品質と一緒に基地局に知らせる。基地局スケジュー

50

うは、選択されたパイプにわたってトラフィックセグメントをこのユーザーへ割り当てることを選択でき、この場合、割り当てチャンネルを介してユーザーに報告する。

【0056】

この基本的な実施形態に示した技術は、本発明が持つ可能性の単なる代表例である。繰り返すが、本発明は、異なったパイプの生成と、これらパイプ内での、受信機選択ダイバシティと併せた、異なった複数アンテナ送信技術の使用とを可能にする。

【0057】

上記の基本的な実施形態を一般化する多くの方法があり得る。一般化方式のいくつかを以下に説明する。

【0058】

1つの方式では、個々のパイプで用いられる送信技術を動的に変更する。図1の実施形態では、個々のパイプでの技術の選択は一定であり、基地局が作用するユーザーにより既知である。図11には、所定のパイプに用いられる技術を時間ごとに動的に変更できるその他の実施形態を示す。図11は、縦軸1102上の周波数対横軸1104上の時間の図面1100である。利用可能な帯域幅は、物理的な周波数帯域A1106、B1108、C1110、D1112、E1114に細分割されている。時間領域は、時間枠、すなわち、時間枠(1)1116及び時間枠(2)1118に細分割されている。時間枠(1)1116の間、周波数帯域A1106、E1114の各々は高移動性のユーザー用のパイプ1120を表し、その一方で、周波数帯域B1108、C1110、D1112の各々は低移動性のユーザー用のパイプ1122を表す。時間枠(2)1118の間、周波数帯域A1106、D1112、E1114の各々は高移動性のユーザー用のパイプ1120を表し、その一方で、周波数帯域B1108、C1110の各々は低移動性のユーザー用のパイプ1122を表す。この実施形態では、基地局は技術の選択を周期的に送信できる。いくつかのパイプは一定の技術を用いるが、残りのパイプは、動的に変更できる技術を用いる別の一実施形態に導くように、図1及び図11に示す2つの実施形態を混合できる。

【0059】

別の一般化方式では、所定のユーザーに用いるパイプの決定を基地局でも行うことができる。この場合、決定を報告する代わりに、ユーザーは、どのパイプを用いたらよいかについての好みを報告するだけでよく、ユーザーに実際に供給するパイプを決定することは基地局次第である。ユーザー端末は、好ましいパイプのサブセット、並びに関連のチャンネル状態の報告でさえ実際に報告できる。この実施形態の1つの利点は、基地局が、いずれかのパイプの予定を定める自由を有し、従って、パイプ間の負荷の均衡を改善できるということである。欠点は、より多くの情報をフィードバックすることを必要とするかもしれないことである。

【0060】

一般に、無線端末は、チャンネル状態及び特性をフィードバックするのにさまざまな機構及び形式を用いることができる。一実施形態では、各端末は、基地局とつながった時、好ましいパイプのリストを報告できる。その後、好ましいパイプが変化した時、無線端末は基地局を更新する。このような更新は、非同期的に生じることができる。別の実施形態では、各端末は、好ましいパイプのリストを基地局へ周期的に報告できる。好ましいパイプの選択に加えて、端末は、(SNRのような)パイプのチャンネル品質推定値も基地局へ報告する。チャンネル状態を報告する周波数は、好ましいパイプを報告する周波数と異なってもよく、好ましくは、これよりも高速である。さらに、チャンネル状態の報告の形式は好ましいパイプ次第で異なってもよい。

【0061】

多種多様の装置を含むマルチユーザーシステムで本発明の利点を実現できる。複数のアンテナを特徴とする無線端末は、特に、それらが、豊富なマルチパス構造を無線チャンネルで経験する場合、基地局での複数の送信アンテナと相まってMIMOチャンネルを実現する位置にある。これら装置が、送信及び受信アンテナの各々と関連するチャンネル応答係数の

10

20

30

40

50

チャネル行列を追跡する位置にあれば、豊富な時空間符号群をデータ送信に用いることができる。制御チャネルを介して能力及びパイプの選択を基地局へ知らせるこのような装置へ役務を提供するにシステムの１つ以上のパイプを専用できる。この概念の延長として、１つのパイプを専用して、それを支援するチャネル状態を有するモバイルに対する空間多重化利得を最大限にする時空間符号を送信できる。パイプを必要なモバイルに対して、高いデータ速度の代わりにダイバーシティを構成するの自由度を用いる時空間符号に別の１つのパイプを専用できる。もちろん、無線チャネルが不適切であれば、ＭＩＭＯ最適化パイプを選択しないようにモバイルを選択できる。

【００６２】

例示で用いた一連の送信技術を用いてこの明細書で本発明を説明する。本発明は、この明細書で記述されるような独立したパイプに用いることができる別の複数アンテナ送信技術に等しく充分に適用できる。

【００６３】

これまででは、各パイプで利用可能な全電力を考慮しなかった。本発明の異なる実施形態は、異なった方法で全送信電力を選択できる。１つの容易な選択は、並列パイプの各々で同一である１自由度につき全送信電力をもたらす。あるいはまた、図１２に示すように、異なったパイプについて送信電力を別々にすることができる。この説明図は、セルの境界が、異なったパイプに対して異なっている可能性が高いように、２つの隣接する基地局が送信電力を選択する本発明の一実施形態である。図１２は、基地局１に対応するグラフ１２００と、基地局２に対応するグラフ１２５０とを示す。グラフ１２００は、周波数を表す縦軸１２０２と、基地局１の送信電力レベルを表す横軸１２０４とを表す。ブロック１２０６は、パイプＡに対する基地局１の送信電力を表し、ブロック１２０８は、パイプＢに対する基地局１の送信電力を表し、ブロック１２１０は、パイプＣに対する基地局１の送信電力を表す。グラフ１２５０は、周波数を表す縦軸１２５２と、基地局２の送信電力レベルを表す横軸１２５４とを表す。ブロック１２５６は、パイプＡに対する基地局２の送信電力を表し、ブロック１２５８は、パイプＢに対する基地局２の送信電力を表し、ブロック１２６０は、パイプＣに対する基地局２の送信電力を表す。Ａパイプに関して、ブロック１２０６は高電力レベルを表すが、ブロック１２５６は中間電力レベルを表す。Ｂパイプに関して、ブロック１２０８は中間電力レベルを表すが、ブロック１２５８は低電力レベルを表す。パイプＣに関して、ブロック１２１０は低電力レベルを表すが、ブロック１２６０は高電力レベルを表す。従って、無線端末が、各パイプで同時にセルの境界にいる可能性は低い。このことは、システムの容量を改善する。また、この電力の割り当ては、必ずしも静的であるとは限らない。並列パイプの各々に対して低速で全送信電力を変更できる。トラフィックセグメントが複数のパイプにわたって送信される場合に電力の割り当ても重要になってくる。セグメントを受信する無線端末に対するパイプのそれぞれのチャネル状態に従って、基地局は、電力をパイプにわたって別々に割り当てることができる。

【００６４】

図１３には、本発明に従って実施された例示的な通信システム１０を示す。システム１０では、移動ノードＭＮ１（１４）～ＭＮＮ（１６）として示す複数の移動端末は、通信信号１３、１５の使用により基地局１２と通信する。各移動端末は、異なった移動ユーザーに対応でき、従って、移動端末を時々、ユーザー端末と称する。信号１３、１５を、例えば、ＯＦＤＭ信号とすることができる。１つ以上のパイプを用いてＭＮと基地局１２との間で信号１３、１５を送信できる。基地局１２及び移動局１４、１５は各々、本発明の方法を実施する。従って、信号１３、１５は、上述した種類のさまざまな信号を含み、これら信号は、本発明に従って送信される。

【００６５】

図１４には、本発明に従って実施された例示的なアクセスルータ、例えば、基地局１２を示す。基地局１２は、アンテナ１４０３、１４０５、１４０７及び受信機送信機回路１４０２、１４０４を含む。複数の、例えば、２つ以上の送信アンテナ１４０５、１４０７

10

20

30

40

50

は、ビームフォーミングを容易にし、各パイプに対して異なった特性でパイプを複数送信するの用に用いられる。受信機回路1402は復号器1433を含み、その一方で、送信機回路1404は符号器1435を含む。回路1402、1404は、バス1430によりI/Oインターフェース1408、プロセッサ(例えば、CPU)1406及びメモリ1410に結合されている。I/Oインターフェース1408は、基地局12をインターネット及びその他のネットワークノードに結合する。メモリ1410は、プロセッサ1406により実行されると、本発明に従って基地局12を動作させるルーチンを含む。メモリは、基地局12を制御してさまざまな通信動作を実行し、さまざまな通信プロトコルを実装するの用に用いられる通信ルーチン1423を含む。メモリ1410は、例えば、基地局またはアクセサルータ、動作及び信号送信を論じる部分で、上述した本発明の方法のステップを実施するために基地局12を制御するように用いられる基地局制御ルーチン1425をも含む。基地局制御ルーチン1425は、送信スケジューリング及び/または通信資源の割り当てを制御するの用に用いられるスケジューリングモジュール1426を含む。さまざまな実施形態で、送信スケジューリングは、1つ以上の移動ノードから送信された異なったパイプのチャネル特性に関する情報に基づく。従って、モジュール1426はスケジューラとして作用できる。メモリ1410は、通信ルーチン1423及び制御ルーチン1425により用いられる情報をも含む。この情報1412は、ユーザーにより行われている動作中のセッションをリストし、セッションを行うためにユーザーにより用いられる移動局(MT)を識別する情報を含む動作中の移動局ユーザー1413、1413'の各々に対する入力を含む。

10

20

【0066】

図15には、本発明に従って実施された例示的な移動ノード14を示す。移動ノード14は移動端末(MT)として用いることができる。移動ノード14は、受信機及び送信機回路1502、1504にそれぞれ結合された受信機及び送信機アンテナ1503、1505、1507を含む。複数の送信機アンテナ1505、1507は、ビームフォーミングを支援し、異なった特性でパイプをBSへ複数送信するの用に用いられる。受信機回路1502は復号器1533を含み、その一方で、送信機回路1504は符号器1535を含む。受信機送信機回路1502、1504は、バス1509によりメモリ1510に結合されている。プロセッサ1506は、メモリ1510に記憶された1つ以上のルーチンの制御下、上述したような本発明の方法に従って移動ノードを動作させる。移動ノードの動作を制御するため、メモリは、通信ルーチン1523及び移動ノード制御ルーチン1525を含む。移動ノード制御ルーチン1525は、移動ノードが本発明の方法に従って動作し、移動ノードの動作に関して上述したステップを実行することを保証する責任を負う。メモリ1510は、本発明の方法を実施するためにアクセスし、そして、使用できるユーザー/装置/セッション/資源情報1512、及び/または、本発明を実施するの用に用いられるデータ構造体をも含む。

30

【0067】

図16は、本発明に従って実施された例示的な無線通信システム1600の説明図である。例示的な無線通信システム1600は、複数の基地局(BS)、すなわち、基地局(1)1602、基地局(M)1614を含む。セル(1)1604は、基地局(1)1602に対する無線サービスエリアである。BS(1)1602は、セル(1)1604内に位置する複数の無線端末(WT)、すなわち、WT(1)1606、WT(N)1608と通信する。WT(1)1606、WT(N)1608はそれぞれ、無線リンク1610、1612を介してBS(1)1602に結合される。同様に、セル(M)1616は、基地局(M)1614に対する無線サービスエリアである。BS(M)1614は、セル(M)1616内に位置する複数の無線端末(WT)、すなわち、WT(1')1618、WT(N')1620と通信する。WT(1')1618、WT(N')1620はそれぞれ、無線リンク1622、1624を介してBS(M)1614に結合される。WT(1606、1608、1618、1620)を、移動及び/または固定無線通信装置とすることができる。時々、移動ノード(MN)と称する移動WTは、システム1600

40

50

の至るところに移動でき、これら移動WTが位置するセルに対応する基地局と通信できる。領域1634は、セル(1)1604とセル(M)1616との間の境界領域である。

【0068】

ネットワークノード1626は、ネットワークリンク1628、1630をそれぞれ介してBS(1)1602及びBS(M)1614に結合される。ネットワークノード1626は、ネットワークリンク1632を介して別のネットワークノード/インターネットにも結合される。ネットワークリンク1628、1630、1632を、例えば、光ファイバリンクとすることができる。ネットワークノード1626、例えば、ルータノードは、WT、例えば、WT(1)1606に対して、現在、位置付けられたセル、例えば、セル(1)1604の外側に位置する別のノード、例えば、別の基地局、AAAサーバノード、ホームエージェントノード、通信ピア、例えばWT(N')1620などへの接続性を形成する。

【0069】

図17には、本発明に従って実施された例示的な基地局1700を示す。例示的なBS1700は、図16のBS、すなわち、BS(1)1602、BS(M)1614のいずれかを詳細に表すことができる。BS1700は、バス1714を介して連結された受信機1702、送信機1704、プロセッサ、例えば、CPU1706、I/Oインターフェース1708、I/O装置1710及びメモリ1712を含む。バス1714上では、さまざまな素子がデータ及び情報を交換できる。加えて、基地局1700は、受信機1702に結合された受信機アンテナ(1)1715を含む。いくつかの実形態、例えば、MIMO実施形態では、基地局1700は、受信機1702に結合された更なる(複数の)受信機アンテナ、すなわち、受信機アンテナ(n)1717を含む。図3に示すような基地局1700は、送信機1704に結合された複数の送信機アンテナ(アンテナ(1)1718、アンテナ(n)1722)をも含む。送信機アンテナ1718、1722は、情報を、例えば、ダウンリンクトラフィックチャネル情報、各パイプの独立したパイロット信号、及び/または、割り当て情報をBS1700からWT1800(図18参照)へ送信するのに用いられ、その一方で、(複数の)受信機アンテナ1715、1717は、データと同様に情報をも、例えば、チャネル状態フィードバック情報、パイプ選択情報及び/またはパイプ制御情報をもWT1800から受信するのに用いられる。

【0070】

メモリ1712は、ルーチン1724及びデータ/情報1726を含む。プロセッサ1706はルーチン1724を実行し、メモリ1712に記憶されたデータ/情報1726を用いて、基地局1700の全部の動作を制御し、本発明の方法を実施する。I/O装置1710、例えば、表示装置、プリンタ、キーボードなどは、システム情報を基地局の管理装置へ表示し、制御及び/または管理入力を管理装置から受信する。I/Oインターフェース1708は基地局1700をコンピュータネットワーク、別のネットワークノード、別の基地局1700及び/またはインターネットへ結合する。従って、I/Oインターフェース1708を介して、基地局1700は、所望に応じてWT1700への信号の送信を同期化することはもちろん、顧客情報及びその他のデータを交換することもできる。更に、I/Oインターフェース1708は、WT1800のユーザーが基地局1700を介してインターネット上の情報を受信及び/または送信できるようにするインターネットへの高速接続を行う。

【0071】

受信機1702は復号器1703を含む。受信機1702は、(複数の)受信機アンテナ1715、1717を介して受信した信号を処理するのに復号器1703を用い、受信した信号から、そこに含まれた情報内容を取り出す。取り出された情報は、例えば、データ、各パイプのチャネル状態フィードバック情報、パイプ選択及び/またはパイプ制御情報はプロセッサ1706へ伝達され、バス1714を介してメモリ1712内に記憶される。

【0072】

10

20

30

40

50

送信機 1704 は、送信前にデータ／情報を、例えば、ダウンリンクトラフィックチャネルデータ／情報のブロックを符号化する符号器 1705 を含む。送信機 1704 は、複数のアンテナ、例えば、アンテナ 1718、1722 を介して情報を、例えば、データ、割り当て情報、及び／または、各パイプのパイロット信号を WT 1800 へ送信する。送信機 1704 は、複数の位相／振幅制御モジュール、すなわち、位相／振幅制御モジュール (1) 1716、位相／振幅制御モジュール (n) 1720 を含む。図 17 に示す例では、離れた位相／振幅制御モジュール (1716、1720) がそれぞれ、送信機アンテナ (1718、1722) の各々に関連付けられている。BS 1700 でのアンテナ 1718、1722 は、アンテナ 1718、1722 からの信号が、ほぼ独立した経路を通過し、従って、チャネルの信号が互いに独立して通過するように充分速くに離間されている。アンテナ 1718、1722 間の距離は、WT 1800 の角度広がり、送信周波数、散乱環境などの関数である。本発明によれば、一般に、送信周波数に基づくアンテナ間での半波長の分離は、アンテナ間で通常、充分な最小限の分離距離である。従って、さまざまな実施形態では、アンテナ 1718、1722 は、半波長だけ、またはそれ以上、分離される。この場合、1 波長は、送信される信号の搬送波周波数 f_k により決定される。

10

【0073】

位相及び振幅制御モジュール 1716、1720 は信号変調を実行し、プロセッサ 1706 の制御下、送信すべき信号の位相及び／または振幅を制御する。位相／振幅制御モジュール 1716、1720 は、振幅及び／または位相変化を、WT 1800 へ送信される複数の、例えば、2 つの信号の少なくとも 1 つに導入して、これにより、複数のアンテナ 1718、1722 から情報が送信された WT 1800 により受信された合成信号内に、時間と共に変化を、例えば、振幅変化を生じさせる。制御モジュール 1716、1720 は、プロセッサ 1706 の制御下、本発明に従って、チャネル状態及び／またはチャネル選択の関数としてデータ送信速度をも変更できる。いくつかの実施形態では、位相／振幅制御モジュール 1716、1720 は、係数の変更により位相及び／または振幅を変更する。

20

【0074】

上述したように、プロセッサ 1706 は、メモリ 1712 内に記憶されたルーチン 1724 の指揮下、基地局 1700 の動作を制御する。ルーチン 1724 は、通信ルーチン 1728 及び基地局制御ルーチン 1730 を含む。基地局制御ルーチン 1730 は、送信スケジューラモジュール 1732、パイロット信号生成及び送信モジュール 1734、WT チャネルパイプ選択／チャネル品質報告処理モジュール 1736、切り換え型便宜のビームフォーミングモジュール 1738、アラモウティ制御モジュール 1740、パイプ電力割り当てモジュール 1742 及びパイプ制御変更モジュール 1744 を含む。

30

【0075】

データ／情報 1726 は、セグメントデータ／情報 1746、複数の無線端末 (WT) データ／情報 1748 及びパイプ情報 1752 を含む。WT データ／情報 1748 は、WT 1 情報 1749 及び WT N 情報 1750 を含む。各 WT 情報セット、例えば、WT 1 情報 1749 は、データ 1758、端末 ID 情報 1760、高／低移動性ユーザー分類情報 1762、パイプ選択／チャネル状態情報 1764、WT からのパイプ制御情報 1766、割り当てられたパイプ情報 1768、並びに、割り当てられたセグメント情報 1770 を含む。

40

【0076】

セグメントデータ／情報 1746 は、データ、例えば、BS 1700 のセル内に位置する WT 1800 へダウンリンクトラフィックセグメントで送信する予定のユーザーデータと、アップリンクトラフィックセグメントで WT 1800 から送信されたユーザーデータとを含む。データ 1758 は、WT 1 と関連するユーザーデータ、例えば、通信ピア例えば WT N へ転送する予定の WT 1 からの受信されたデータと、WT 1 へ転送する予定の WT 1 のピア、例えば、WT N からのデータ受信機とを含む。端末 ID 情報 1760 は、WT 1 に対して現在の基地局により割り当てられた識別を含む。高／低移動性ユーザー分類

50

情報 1762 は、高または低移動性ユーザーとしての WT1 の分類を含む。いくつかの実施形態では、パイプ、例えば、通信チャネル及び／またはセグメントを分割でき、ユーザーの移動性の分類に対応する範囲により割り当てることができる。パイプ選択／チャネル状態情報 1764 は、WT の（複数の）選択パイプ、例えば、（複数の）通信チャネルと、対応のチャネル品質情報、例えば、SNR、SIR、フェージング情報などを示す WT フィードバック報告からの情報を含む。WT からのパイプ制御情報 1766 は、WT の好みに基づいて選択パイプを変更することを BS1700 に指示する WT1800 からの情報を含む。割り当てられたパイプ情報 1768 は、BS1700 が例えば、ダウンリンクトラフィックに対して WT1800 に割り当てた特定のパイプを複数のパイプから識別する情報を含む。割り当てられたパイプ情報 1768 は、パイプの特性、例えば、帯域幅、トーン、データ速度、変調方式、及び／または、WT により伝達されたパイプ制御情報のために組み込まれたパイプの何らかの固有特性をも含む。割り当てられたセグメント情報 1770 は、WT に割り当てられたセグメント、例えば、割り当てられたパイプのセグメントを識別する情報を含む。いくつかの実施形態では、例えば、ダウンリンクトラフィックチャネル情報に対して、WT は特定のセグメントを要求し、これらセグメントを WT に割り当てなければならない。

【0077】

パイプ情報 1752 は、複数のパイプ情報、すなわち、パイプ1情報 1754、パイプN情報 1756 を含む。各パイプ情報セット、例えば、パイプ1情報 1754 は、送信技術情報 1772、トーン情報 1774、パイロット情報 1776 及びアンテナ情報 1778 を含む。送信技術情報は、（複数の）送信技術の種類、及び／または、パイプに選択された技術、例えば、OFDM、CDMA、便宜的なビームフォーミング技術、アラモウチイ技術などに関する情報を含む。トーン情報 1774 は、パイプに関する何らかのトーンホッピング情報に加えて、パイプに割り当てられた帯域幅及び／またはトーンセットをも含む。パイロット情報 1776 は、パイプに対して生成すべきパイロット信号を規定する情報を含む。WT は、各パイプに対して送信された独立したパイロット信号を有することにより、各パイプに対するチャネル品質を測定し、推定できる。アンテナ情報 1778 は、パイプに対して送信される信号成分に用いるべき対応のアンテナ 1718、1722 を示す情報を含む。

【0078】

通信ルーチン 1728 は、送信機 1704 及び受信機 1702 それぞれによるデータの送信及び受信を制御する。また、通信ルーチン 1728 は、BS1700 により用いられるさまざまな通信プロトコルを実装する。また、通信ルーチン 1728 は、I/O 装置 1710 を介して受信した情報の表示及び／または音声表現を制御する責任を負う。

【0079】

基地局制御ルーチン 1730 は基地局 1700 の動作を制御し、本発明の方法を実施する。スケジューラモジュール 1732 は、例えば、WT からの選択されたパイプ要求に応答して、割り当てられたパイプのセグメント、例えば、ダウンリンクトラフィックセグメントにユーザー、例えば、WT を予定に入れる。パイロット信号生成及び送信モジュール 1734 は、割り当てられる可能性のある潜在的なダウンリンクパイプの各々に対するパイロット信号を生成及び送信し、従って、各潜在的なパイプに対する独立したチャネル推定値を WT に測定及び評価させることができる。WT チャネルパイプ選択／チャネル品質報告処理モジュール 1736 は、WT の選択された（好ましい）パイプ、及び、関連のチャネル品質報告情報、例えば、SNR、SIR、フェージング情報を含む WT フィードバック報告を受信する。いくつかの実施形態では、BS1700 は、WT にとって許容できるパイプのリストに関する情報を受信できる。いくつかの実施形態では、WT は、送信用の特定の要求されたセグメントを知らせることができる。モジュール 1736 は、受信したフィードバック情報を処理し、さまざまな WT の要求中の資源間でのパイプの割り当てに関する決定を行う。割り当ての決定を、割り当てセグメントで WT へ伝達できる。切り換え型便宜的ビームフォーミングモジュール 1738 は、指定されたパイプで便宜的なビ

10

20

30

40

50

ームフォーミングを実行するように送信機を制御するのに用いられる。アラモウティ制御モジュール1740は、指定されたパイプでアラモウティダイバーシティ技術を実行するように送信機を制御するのに用いられる。パイプ電力割り当てルーチン1742は、各パイプに割り当てられる電力レベルを制御するのに用いられる。パイプ制御変更モジュール1744は、WTからのパイプ制御情報1766を用いて、例えば、情報1766で伝達されたWTの好みに基づいてパイプをカスタマイズするために特定の無線端末に対するパイプを変更する。

【0080】

図18は、本発明に従って実施された例示的な無線端末1800を示す。例示的な無線端末1800を、図16の例示的なシステムの無線通信システム1600のWT1606、1608、1618、1620のいずれかを詳細に表すことができる。WT1800は、バス1812を介して連結された受信機1802、送信機1804、I/O装置1806、プロセッサ、例えば、CPU1808及びメモリ1810を含む。バス1812上では、さまざまな素子がデータ及び情報を交換できる。受信機1802はアンテナ1814に結合されている。いくつかの実施形態、例えば、MIMO実施形態では、受信機は、更なる(複数の)アンテナ、すなわち、アンテナ(N)1815に結合されている。送信機1804はアンテナ1816に結合されている。いくつかの実施形態では、例えば、複数のアップリンク並列パイプを用いて、複数の更なる(複数の)アンテナ、すなわち、アンテナ(N)1817を送信機1804に結合できる。いくつかの実施形態では、2つの個々のアンテナ1814、1816の代わりに1つのアンテナを用いることができる。

【0081】

受信機1802は復号器1803を含む。BS1700から送信されたダウンリンク信号は、アンテナ1814及び/または1815を介して受信され、復号器1803による復号化、並びにユーザーデータの回復を含めて受信機1802により処理される。送信機1804は、送信前にユーザー情報を符号化する符号器1805を含む。送信機1804は、アンテナ1816及び/または1817を介してアップリンク信号をBS1700へ送信する。本発明によれば、アップリンク信号は、アップリンクトラフィックチャネルデータ/情報と、選択されたダウンリンクパイプと、関連の選択されたパイプに対し、且つ/または、代替のパイプに対するダウンリンクパイプフィードバックチャネル推定情報と、且つ/またはWTの好みに基づいて、例えば、資源の再割り当てにより、選択されたパイプを変更し、または、パイプを形成するBS1700への命令を含む制御情報を含む。I/O装置1806は、例えば、マイクロホン、スピーカ、ビデオカメラ、映像表示装置、キーボード、プリンタ、データ端末表示装置などのようなユーザーインターフェース装置を含む。例えば、WT1800の操作者が、ピアノードへ指向されるユーザーデータ、音声及び/または映像を入力でき、この操作者が、ピアノード、例えば、別の1つのWT1800から伝達されたユーザーデータ、音声及び/または映像を眺めることができるようにWT1800の操作者とインターフェースをとるのにI/O装置1806を用いることができる。

【0082】

メモリ1810は、ルーチン1818及びデータ/情報1820を含む。プロセッサ1806はルーチン1818を実行し、メモリ1810内のデータ/情報1820を用いてWT1800の基本動作を制御し、本発明の方法を実施する。ルーチン1818は、通信ルーチン1822及びWT制御ルーチン1824を含む。WT制御ルーチン1824は、チャネル状態測定モジュール1826、パイプ選択モジュール1828、パイプ選択/セグメント選択/チャネル状態報告モジュール1830、並びに、パイプ制御情報選択及び報告モジュール1832を含む。

【0083】

データ/情報1820は、セグメントデータ/情報1834、基地局情報1836及びユーザー情報1838を含む。セグメントデータ/情報1834は、ユーザーデータ、例えば、WT1800との通信セッションでピアノードを対象としたBS1700への送信

10

20

30

40

50

すべきデータ／情報、パイプに関するダウンリンクチャネルフィールドバック情報、(複数の) 選択されたダウンリンクパイプ、且つ／または、選択されたパイプの制御情報を含む。

【0084】

基地局情報1836は、複数の情報セット、すなわち、基地局1情報1840、基地局N情報1842を含む。基地局情報1836は、各基地局に特有の情報、例えば、ホッピングシーケンスに用いることができる傾き値、異なった基地局により用いられる搬送波周波数、異なった基地局により用いられる変調方式、基地局に依存するビームフォーミング変化、パイプへの、例えば、チャネルへの利用可能なエアリンク資源の分割、異なったパイプにより用いられる技術を含む。BS1情報1840は、基地局識別情報1844、並びに、複数の基地局のパイプ情報セット、すなわち、パイプ1情報1846、パイプN情報1848を含む。パイプ1情報1846は、送信技術情報1850、トーン情報1852、パイロット情報1854及びアンテナ情報1856を含む。基地局ID情報、例えば、OFDMシステム内の特定のBS1700に割り当てられたトーンホッピングシーケンスの傾き値は、発信している特定のBS1700をWT1800に識別させることができる。送信技術情報1850は、(複数の) 送信技術の種類及び／またはパイプ用の技術、例えば、OFDM、CDMA、便宜的なビームフォーミング技術、アラモウティ技術などに関する情報を含む。トーン情報1852は、パイプに関する何らかのトーンホッピング情報に加えて、パイプに割り当てられた帯域幅及び／またはトーンセットをも含む。パイロット情報1854は、パイプに対して受信されるべきパイロット信号を規定する情報を含む。WT1800は、各パイプに対するBS1700送信パイロット信号を有することにより、各パイプに対して独立するチャネル品質を測定し、推定できる。アンテナ情報1856は、パイプに対して受信される信号成分に用いるべき対応のアンテナ1814、1815を示す情報を含む。

【0085】

ユーザー情報1838は、基地局識別情報1858、端末ID情報1860、割り当てられたチャネル情報1862、高／低移動性ユーザー分類情報1864、複数のパイプ測定／チャネル品質推定情報(パイプ1測定／チャネル品質推定情報1866、パイプN測定／チャネル品質推定情報1868)、選択されたパイプ／セグメント情報1870、選択されたパイプ／選択されたセグメント／チャネル品質報告情報1872、並びに、選択されたパイプ制御情報1874を含む。

【0086】

ユーザー情報1838は、WT1800により現在、用いられている情報を含む。基地局ID情報1858は、WT1800が現在、位置するセル内の基地局の識別情報、例えば、ホッピングシーケンスに用いられる傾き値を含む。端末ID情報1860は、WT1800が位置するセル内のBS1700によりWT1800の現在の識別に用いられる基地局割り当てIDである。

【0087】

割り当てられたチャネル情報1862は、ユーザーデータが送られてくると期待するWT1800に対してBS1700により割り当てられた(複数の) ダウンリンクチャネルを含む。割り当てられたチャネル情報1862は、BS1700が例えば、ダウンリンクトラフィックに対してWT1800に割り当てた特定のパイプを複数のパイプから識別する情報を含む。割り当てられたチャネル情報1800は、パイプの特性、例えば、帯域幅、トーン、データ速度、変調方式、及び／または、WT1800により伝達されたパイプ制御情報のために組み込まれたパイプの何らかの固有特性をも含む。割り当てられたチャネル情報1862は、WT1800に割り当てられたセグメント、例えば、割り当てられたパイプのセグメントを識別する情報をも含む。

【0088】

高／低移動性ユーザー分類情報1864は、高または低移動性ユーザーとしてのWT1800の分類を含む。いくつかの実施形態では、パイプ、例えば、通信チャネル及び／ま

10

20

30

40

50

たはセグメントを分割でき、ユーザーの移動性の分類に対応する範囲により割り当てることのできる。パイプ1測定／チャネル品質推定情報1866は、測定情報を、例えば、受信したパイロット信号測定信号と、パイプ1、例えば、通信チャネル1に対応する推定情報とを含む。このような情報1866は、パイプ1に対応するチャネル品質情報、例えば、SNR、SIR、フェージング情報などを含む。パイプN測定／チャネル品質推定情報1868は、情報セット1866に類似するが、パイプN、例えば、通信チャネルNに対応する測定及び推定情報を含む。選択されたパイプ／セグメント情報1870は、BS1700に伝達されるWT1800パイプ選択及び／またはセグメント選択を含む。選択されたパイプ／選択されたセグメント／チャネル品質報告情報1872は、BS1700へのフィードバック報告に含まれるべきであって、情報1870に指定されたWT選択パイプに対応するチャネル品質情報、例えば、情報セット1866、1868から派生された情報を含む。選択されたパイプ制御情報1874は、WT1800の好みに基づいて、例えば、資源の再割り当てにより選択パイプを変更し、またはパイプを形成することをBS1700に指示するWT1800からBS1700への送信すべき制御情報を含む。いくつかの実施形態では、例えば、ダウンリンクトラフィックチャネル情報に対して、WTは特定のセグメントを要求し、これらセグメントをWTに割り当てなければならない。

【0089】

通信ルーチン1822は、送信機1804及び受信機1802それぞれによりデータの送信及び受信を制御する。また、通信ルーチン1822は、WT1800により用いられるさまざまな通信プロトコルを実装する。BS1700により許可された時点でアップリンク送信データ／情報がWT1800により送信されること、並びに、ダウンリンク送信データ／情報が適切な時点でWT1800により受信されることを確実にするように、通信ルーチン1822は、BS1700から送信された情報をスケジューリングする責任を負う。通信ルーチン1822は、I/O装置1806を介してBS1700からユーザーへ送信された情報の表示及び／または音声表現を制御する責任をも負う。

【0090】

WT制御ルーチン1824はWT1800の動作を制御し、本発明の方法を実施する。チャネル状態測定モジュール1826は、パイプ1測定／チャネル品質推定情報1866、パイプN測定チャネル品質推定情報1868を獲得するため、複数のパイプ、例えば、チャネルのチャネル状態を測定及び推定する。

【0091】

パイプ選択モジュール1828は、チャネル測定及び／または推定情報、例えば、パイプ1測定／チャネル品質推定情報1866、パイプN測定／チャネル品質推定情報1868と比較し、チャネル、例えば、最良の品質推定値を有するチャネルを選択し、この選択を、選択されたパイプ／セグメント情報1870内に記憶する。いくつかの実施形態では、パイプ選択モジュール1828は、使用できる2つ以上のパイプ、例えば、WT1800のニーズを支援するのに十分な品質レベルを有するパイプのサブセットを選択できる。いくつかの実施形態では、パイプ選択モジュール1828は、WT1800が、WT1800を割り当てるBS1700としたい特定のセグメント、例えば、特定のダウンリンクトラフィックセグメントを選択する。

【0092】

パイプ選択／セグメント選択／チャネル状態報告モジュール1830は、選択されたパイプ／セグメント情報1870を含むデータ情報1820、並びに、情報1866、1868からの対応の測定／品質推定情報を用いて、選択されたパイプ／選択されたセグメント／チャネル品質報告1872を生成する。報告モジュール1830は、報告情報1872をBS1700へ送信するのに送信機1804を通信ルーチン1822と連動して制御する。

【0093】

パイプ制御情報選択及び報告モジュール1832は、高／低移動性ユーザー分類情報1864、選択されたパイプ／セグメント情報1870、パイプ情報1846、1848に

10

20

30

40

50

含まれた選択パイプの特性、及び／または、セグメントデータ／情報 1834 の特性、例えば、音声、データ、映像、データ速度などを含むデータ／情報 1820 を用いて、選択されたパイプ制御情報 1874 を生成する。パイプ制御情報選択及び報告モジュール 1832 は、選択されたパイプ制御情報 1874 を通信ルーチン 1822 と連動してパイプチャネル 1800 へ伝達する。いくつかの実施形態では、選択されたパイプと、選択されたパイプチャネル品質フィードバック情報と、選択されたパイプ制御情報とは、BS1700 へ同一の報告内で伝達される。いくつかの実施形態では、選択されたチャネルと、チャネル品質情報と、選択されたパイプ制御情報とのセットのいくつか、例えば、3つの事項の1つが伝達され、BS1700 により用いられるが、残りの情報は、そのようにされない。

【0094】

図19A及び図19Bは、本発明による例示的な通信方法を示すフローチャート1900である。動作がステップ1902で始まり、ここでは、通信システムの電源をオンにし、通信システムを初期化する。ステップ1904では、基地局と無線通信端末との間で情報を交信するのに基地局が用いることができる複数の異なった無線通信チャネルの各々に対する信号、例えば、パイロット信号を発生させ、送信するように基地局を動作する。この場合、前記複数の異なった無線通信チャネルは、少なくとも第1の通信チャネル及び第2の通信チャネルを含み、第1及び第2の通信チャネルは、前記通信チャネルを確立するために用いられる第1及び第2の送信技術の関数である異なった品質特性を有し、前記第1及び第2の技術は異なっている。いくつかの実施形態では、前記第1及び第2の技術は、異なったアクセス技術、例えば、異なる相容れないアクセス技術である。いくつかの実施形態では、異なったアクセス技術は、CDMA、OFDM及び単独の搬送波技術の少なくとも2つを含む。いくつかの実施形態では、異なったアクセス技術は、周波数ホッピング技術及び非周波数ホッピング技術を含む。いくつかの実施形態では、異なったアクセス技術は、別の規格を順守する2つのいずれでもない規格により指示されるように、相容れない異なった技術規格で規定された異なった技術を含む。動作はステップ1904からステップ1906へ続行する。

【0095】

ステップ1906では、複数の異なった通信チャネルの各々に対する品質情報を生成するため、複数の異なった通信チャネルの各々に対する信号、例えば、パイロット信号を受信し、処理するように無線通信端末を動作する。動作はステップ1906からステップ1908へ続行する。ステップ1908では、生成した品質情報を用いて、複数の異なった無線通信チャネルに対する通信品質情報セットを維持するように無線通信端末を動作する。次に、ステップ1910では、維持した通信品質情報セットに基づいて、複数の異なった通信チャネルの間で選択し、これにより、より良い送信特性を前記無線通信端末へ与える送信技術に対応するチャネルを選択するように無線通信端末を動作する。次に、ステップ1912では、チャネル選択を基地局へ伝達するように無線通信端末を動作する。ステップ1914では、選択したチャネルと、代わりの(複数の)チャネルとに関連するチャネル品質情報、例えば、SNR、SIR、フェージング情報などを基地局へ伝達するように無線通信端末を動作する。動作はステップ1914から接続ノードA1916を介してステップ1918へ続行する。ステップ1918では、選択したチャネルと関連するチャネル制御情報、例えば、帯域幅、継続期間、技術の種類などを基地局へ伝達するように無線通信端末を動作する。いくつかの実施形態では、ステップ1912、1914、1918で伝達された情報を、信号、例えば、メッセージと一緒に伝達する。いくつかの実施形態では、ステップ1912、1914、1918の情報のいくつかを基地局へ伝達せず、例えば、無線通信装置が3つのステップ1912、1914、1918の1つからの情報を送信し、残りの2つのステップに対応する情報を送信しない。動作はステップ1918からステップ1920へ続行する。

【0096】

ステップ1920では、伝達した選択チャネルと、伝達したチャネル品質情報と、伝達したチャネル制御情報とを受信するように基地局を動作する。次に、ステップ1922で

10

20

30

40

50

は、無線通信端末から送信された情報、例えば、選択されたチャネル、チャネル品質情報及び／またはチャネル制御情報の関数として異なった技術を用いて生成された通信チャネルへ、複数の通信チャネルの1つからの通信資源を割り当てするように基地局を動作する。動作はステップ1922からステップ1924へ続行する。ステップ1924では、生成した通信チャネルを無線通信端末に割り当て、割り当て情報を無線通信端末へ伝達するように基地局を動作する。次に、ステップ1926では、基地局からの割り当てを受信するように無線通信端末を動作する。ステップ1928では、生成し、割り当てた通信チャネルでユーザデータ／情報、例えば、ダウンリンクトラフィックチャネルユーザデータ／情報を送信するように基地局を動作する。次に、ステップ1930では、生成し、割り当てた通信チャネルでユーザデータ／情報、例えば、ダウンリンクトラフィックチャネルユーザデータ／情報を受信し、処理するように無線通信端末を動作する。動作はステップ1930から終了ノード1932へ進行する。

10

【0097】

図20は、本発明に従う無線端末、例えば、例示的な移動ノードの動作と関連するステップを示すフローチャート2000である。図20に示すように、本発明に従って実装され、無線端末のCPUにより実行されたソフトウェアの制御下で動作する無線端末により、図20に示すステップを実行できる。例えば、無線端末の起動または電源オンの際、制御ソフトウェアを実行すると、ルーチンがステップ2002で始まる。動作は開始ステップからステップ2004及びステップ2008へ続行する。このことは、並列処理経路の開始を表す。ステップ2008で開始する動き推定経路は任意であり、いくつかの実施形態では用いられない。

20

【0098】

ステップ2008では、無線端末が、1つ以上の受信した信号から無線端末の動きの速度を決定し、例えば、推定する。受信した信号をGPS位置情報信号、または、例えば、シンボル送信タイミング調節の一部、電力制御信号またはその他の信号としてクロックを進めるか、遅らせることを無線端末に指示する基地局からの受信信号とすることができる。基地局からの受信信号のドップラー偏移を測定することによっても動きの速度を決定できる。ステップ2008で決定された動きの速度を用いて、動作はステップ2010へ続行し、ここでは、動きの速度を検査して、動きが高速または低速の動きであるかを決定する。その他の速度の決定も可能である。ステップ2010から動作は、動きの速度に適合するように、通信に用いるべき技術を選択することを含むステップ2012またはステップ2014へ続行する。ステップ2012は、高速で移動する無線端末に最も良く適する技術の選択を含む。いくつかの実施形態において、ステップ2012で選択した方法は、BSアンテナパターン及び／またはその他の基地局送信特性を調節するのに、比較的にわずかなチャネル情報を用いるか、もしくは全くチャネル情報を用いない。別の選択も可能であるが、アラモウティ通信方法は、ステップ2012で選択できる通信技術の一例である。動作はステップ2012からステップ2016へ続行する。

30

【0099】

低速の動き、例えば、ステップ2010で用いた速度しきり値よりも遅い速度の動きに対応するステップ2014では、低速で移動しているか、静止している無線端末に最も良く適する技術を選択する。選択した送信技術、または、ステップ2012で選択したアクセス技術は、モバイルからのチャネルフィードバック情報を用いて、アンテナパターン及び／またはその他の送信特性を調節する。多くの場合、この技術は、ステップ2012で選択される技術に用いられる場合よりも高いチャネルフィードバック速度の使用を含む。従って、本発明によれば、低速で移動するモバイルの場合に選択される技術は、チャネル状態が高速で変化する高速移動無線端末の場合に無線端末により供給される場合よりも多くの基地局へのチャネル状態フィードバック情報、例えば、SNRまたはSIR報告を含めることができ、しばしば、これを含む。動作はステップ2014からステップ2016へ続行する。

40

【0100】

50

ステップ2004で開始する処理経路では、複数のチャネル、例えば、異なった通信技術であって、しばしば、相容れない通信技術に対応するチャネルに対してチャネル品質推定値を生成する。ステップ2004では、異なった通信技術に対応する少なくとも2つのチャネルに対してチャネル品質推定値を生成する。次に、ステップ2006では、異なった通信技術に対応する複数の異なったチャネルの各々に対して無線端末メモリ内に維持されたチャネル品質情報を、少なくともステップ2004で生成された情報で更新する。動作はステップ2006からステップ20016へ続行する。

【0101】

ステップ2016では、無線端末が用いるのが好ましい通信チャネルをチャネル品質情報に基づいて選択する、例えば、最善のチャネル品質を有する通信チャネルを選択する。この選択は、ステップ20012、20014で行った技術選択に従うことができ、これによって、無線端末の動きの速度に基づくことができる。いくつかの実施形態では、基地局により支援された複数のチャネルの各々に対して維持されたチャネル品質情報セットが指示するように無線端末が最善のチャネルを簡単に選択する場合、動きの速度情報をステップ2016で用いない。

10

【0102】

動作はチャネル選択ステップ2016から伝達ステップ2018へ続行する。基地局がチャネル選択の責任を負う実施形態では、選択ステップ2016を飛ばして進む、例えば、省略できる。このような実施形態では、動作はステップ2006及び／または20012、2014から直接ステップ2018へ進行する。ステップ2018では、チャネル選択が行われたならば、無線端末はチャネル選択を伝達する。ステップ2016で実行した選択処理の結果として、少なくとも2つの異なったチャネルのチャネル品質を表す情報から、選択したチャネルを示す信号を発生した。これに加えて、且つ／または、チャネル選択を知らせる代替案として、無線端末は、複数のチャネル、例えば、異なった技術に対応する少なくとも2つのチャネルに対するチャネル品質情報、及び／または、技術選択情報、例えば、選択した送信技術を表す情報を具える1つ以上の信号を発生し、基地局へ送信できる。このような信号にตอบสนองして、基地局は、選択されたチャネルの1つ以上のセグメントを無線端末に通常に割り当て、且つ／または、受信した情報に基づいてチャネル選択を行う。基地局は、選択された技術に対応するチャネルを生成でき、いくつかの実施形態では、これを生成し、且つ／または、異なったチャネルから、選択された技術に対応するチャネルへ、及び／または、選択されたチャネルへ資源を再割り当てでき、いくつかの実施形態では、再割り当てする。無線端末信号にตอบสนองして再割り当てされた資源は、無線端末が選択しなかった技術を用いて実装されたチャネルによって通常もたらされる。このように、無線端末の選択にตอบสนองして、または、特定の技術を用いて実装されたチャネルを用いる必要性に応じて追加のチャネル容量を動的に確立できる。ステップ2018では、無線端末は、特定の技術に対応するチャネルで送信しようとするデータの量をも、及び／または、特定の技術に対応するチャネルを用いようとする期間をも基地局へ信号送信できる。

20

30

【0103】

動作は、伝達／信号送信ステップ2018からステップ2020へ続行する。ステップ2020では、選択されたチャネルが、前に選択されたチャネルと異なっていれば、無線端末は、選択されたチャネルへ切り換える。選択された通信チャネルで用いられる技術が、前に用いたチャネルと異なっていれば、無線端末は、選択されたチャネルを実装するのに用いた技術に従って信号を受信及び処理する必要に応じて、受信した信号、及び／または、1つ以上の物理的な受信特性の処理を、例えば、チャネルで伝達された信号を受信するのに用いられたアンテナの数を変更する。オン状態にある間、無線端末動作は、ステップ2020からステップ1004及び／または2008へ続行する動作を伴って継続的に生じる。このように、チャネルを周期的に評価し、無線端末状態及び／または動きの速度が変化するにつれて、異なった技術に対応する異なったチャネルを選択できる。

40

【0104】

50

図 21 は、例示的な実施形態における基地局により実行される方法 2100 のステップを示す。方法はステップ 2102 で始まる。動作はステップ 2102 からステップ 2103 へ移行する。ステップ 2103 では、基地局は、無線端末からの少なくとも 1 つの信号を受信する。信号は、選択された無線端末チャネルの選択、並びに、選択されたチャネルのセグメントの割り当ての要求を示すチャネル選択信号としてもよい。また、信号は、無線端末用のチャネルを選択し、選択したチャネルから、無線端末へのセグメントを割り当てるための BS への要求を示すため、無線端末により測定されたような複数の異なったチャネルの品質を示す信号としてよい。信号を受信しながら、ステップ 2103 から移行する動作でステップ 2103 を継続的に実行する。チャネル選択及び／または割り当て要求に関する信号を無線端末から受信した後、動作はステップ 2108、2120 へ移行する。ステップ 2108 は、移動ノードの動きを検出し、動きの速度が決定された無線端末に適する送信技術を選択する責任を負う処理経路の開始を表す。ステップ 2108、2110、2112、2114 及びチャネル選択ステップ 2116 は、図 20 に関して前述したステップ 2008、2010、2012、2014 及びチャネル選択ステップ 2016 に類似するが、それらは、無線端末の代わりに基地局で生じる。従って、簡潔のために、これらステップを詳細に説明しない。

【0105】

ステップ 2120 では、受信した信号が、選択されたチャネル、例えば、特定の送信技術に対応するチャネルを示しているかを決定する。信号が、選択されたチャネルを示していなければ、動作はステップ 2116 へ移行し、ここで、チャネルを、例えば、受信した信号のチャネル品質情報に基づいて選択する。信号が、選択されたチャネルを示している場合、動作は 2120 からステップ 2122 へ移行し、あるいは、基地局がチャネルを選択する場合、ステップ 2116 からステップ 2122 へ移行する。ステップ 2122 では、選択されたチャネルに対する要求を満たすため、十分なチャネル資源、例えば、選択されたチャネルで利用可能なセグメントがあるかどうかについて決定する。要求されたチャネルの種類に対応する技術で実装されたチャネルで利用できる十分なチャネルセグメントが存在すれば、動作はステップ 2128 へ移行する。そうでなければ、動作はステップ 2122 からステップ 2124 へ移行する。

【0106】

ステップ 2124 では、基地局は、特定の技術で実装されたチャネルに対する無線端末の要求を満たすために、選択されたチャネルの技術に対応するチャネルを生成及び／または拡張するように通信資源を再割り当てする。次に、動作はステップ 2128 へ移行する。ステップ 2128 では、基地局は、選択されたチャネルに対応する技術を用いて実装されたチャネルにセグメントを割り当てる。従って、選択されたチャネルを、例えば、特定の技術に対応するチャネルの無線端末の選択に回答して生成されたチャネル、あるいは、前に存在するチャネルとすることができる。

【0107】

無線端末からの信号の処理、並びに、チャネルセグメントの割り当て及びチャネル資源の再割り当ては、例えば、基地局が動作中、連続的に生じる。

【0108】

本発明の方法に関する数多くの変更が可能である。ステップの異なった組み合わせを用いることにより、且つ／または、異なった処理あるいは選択動作を特定のステップで実行することにより、異なった実施形態を達成できる。

【0109】

ノードを記述する第 1 の例示的な通信方法は、以下のステップ、すなわち、基地局と無線通信端末との間で情報を交換するのに用いることができる複数の異なった無線通信チャネルに対する通信品質情報セットを維持するように無線通信端末を動作するステップであって、この場合、前記複数の異なった無線通信チャネルは、少なくとも第 1 の通信チャネル及び第 2 の通信チャネルを含み、第 1 及び第 2 の通信チャネルは、前記第 1 及び第 2 の通信チャネルをそれぞれ確立するために用いられる第 1 及び第 2 の送信技術の関数である

10

20

30

40

50

異なった品質特性を有し、前記第1及び第2の送信技術は異なっているステップと、少なくとも前記第1及び前記第2の通信チャネルに対応する維持された通信チャネル品質情報の関数として信号を発生させるように無線端末を動作するステップと、前記信号を前記基地局へ送信するステップとを実行することを伴う組み合わせを含む。

【0110】

上述した第1の例示的な実施形態では、前記信号は、少なくとも前記第1及び前記第2の通信チャネルの品質に関する情報を与えることができる。第1の例示的な方法は、前記信号に含まれたチャネル品質情報の関数として情報を前記無線通信端末に伝達するのに用いる前記複数の通信チャネルの多重チャネル間で選択するように基地局を動作するステップとを含むことができる。第1の例示的な方法を実施するのに用いられる前記第1及び第2の技術を、異なった相容れないアクセス技術とすることができ、時々、これらアクセス技術とする。この方法を実施する基地局により支援された異なったアクセス技術は、CDMA、OFDM及び狭帯域信号搬送波技術を含むことができ、時々、これらを含む。いくつかの実施形態では、異なったアクセス技術の各々は、特定のアクセス技術を順守する要件を規定する異なった技術規格に対応し、前記異なったアクセス技術は、前記異なったアクセス技術の1つであって、その他の異なったアクセス技術の規定された要件を侵害する通信要件を規定する前記異なったアクセス技術の1つに対応する技術規格が示すように相容れない。

【0111】

第1の例示的な方法のいくつかの実施形態では、基地局及び無線端末の少なくとも一方は複数のアンテナを含み、その一方で、この方法は、前記無線端末の動きの速度を示す測定を行うステップと、前記移動ノードの動きの速度を示す測定の間数として前記無線端末への通信で用いる通信チャネルを選択するように基地局及びモバイルの一方を動作するステップとを更に含む。無線端末または基地局のいずれかは、特定の実施形態に従って、無線端末の動きの速度を示す測定を行うことができる。

【0112】

第1の方法のいくつかの実施形態では、通信チャネルを選択するように基地局及びモバイルの一方を動作するステップは、前記測定が第1速度の無線端末の動きを示す場合、第1量の周波数ダイバーシティを無線端末へ与える第1の通信技術を選択するステップと、前記測定が、前記第1速度の無線端末の動きよりも遅い第2速度の無線端末の動きを示す場合、無線端末から送信されたフィードバック情報の関数としてアンテナビームフォーミングを用いる第2の通信技術に対応する通信チャネルを選択するステップとを実行するために前記一方を動作することを含む。前記無線端末の動きの速度を示す測定を行うことを含む第1の例示的な方法のさまざまな実施形態では、測定を行うステップは、前記基地局と前記無線端末との間で送信された信号のドップラー偏移の測定を行うことを含むことができる。前記無線端末の動きの速度を示す測定を行うステップは、クロックタイミングで変化することをモバイルに指示するのに用いられるタイミング制御信号と、移動ノードから周期的に送信された信号の電力が時間と共に変化する割合、通信チャネルの測定された品質の変化率、およびチャネルのフェージング測定値の変化率の3者との少なくとも1つの変化率を測定することを代わりとして含むことができる。例示的な方法では、通信チャネルを選択するように基地局及びモバイルの一方を動作するステップは、前記測定が第1速度の無線端末の動きを示す場合、第1の技術に対応する第1の通信チャネルを選択し、前記第1の通信技術が、前記無線端末から前記基地局へ送信する第1量のチャネル品質フィードバック信号を用いること、並びに、前記測定が、前記第1速度の無線端末の動きよりも遅い第2速度の無線端末の動きを示す場合、前記第1量のチャネル品質フィードバック情報よりも多い第2量のチャネルフィードバック情報を用いる第2の通信技術に対応する通信チャネルを選択することを含むことができ、時々、これらを含む。いくつかの実施形態では、前記第1の通信技術は2つの固定アンテナを用い、アラモウティ送信方法を用いた技術であり、前記第1の通信技術は、特定の実施形態で前記基地局からの信号を送信するのに用いられるアンテナパターンを制御するため、前記基地局へ送信する零のチャ

ネル品質フィードバック信号を用いる。いくつかの実施形態では、第2の送信方法は、前記無線端末から送信されたチャネル品質フィードバック情報の関数としてビームを形成することを含むビームフォーミング送信方法である。

【0113】

第1の例示的な方法のいくつかの実施形態では、基地局及び無線端末の双方は複数のアンテナを含む。1つのこのような実施形態では、前記第2の送信技術は、多入力多出力技術である。

【0114】

本発明のさまざまな実施形態によれば、基地局は、チャネルセグメントスケジューラ及び資源アロケータとして動作する1つ以上のルーチンをメモリ内に含む。チャネルセグメントスケジューラは、例えば、1つ以上の無線端末から送信されたチャネル選択及び／またはチャネル割り当て要求信号にตอบสนองしてチャネルセグメントを無線端末へ割り当てる。資源アロケータは、異なった技術に対応するチャネル間で資源を割り当てる責任を負い、例えば、1つ以上の無線端末から送信されたチャネル選択信号またはチャネル割り当て要求にตอบสนองして、1つの技術に対応するチャネルから、別の1つの技術に対応するチャネルへ資源を再割り当てすることができる。

【0115】

第1の例示的な方法のいくつかの実施形態では、通信チャネルを選択するように基地局及びモバイルの一方を動作するステップは、前記測定が第1速度の無線端末の動きを示す場合、第2の通信チャネルよりも高い周波数ダイバーシティ及び時間ダイバーシティの少なくとも1つを構成する第1の通信技術を選択し、前記測定が、前記第1速度の無線端末の動きよりも遅い第2速度の無線端末の動きを示す場合、第1の通信技術に対応する第1の通信チャネルから利用できるものよりも高い空間ダイバーシティを構成する第2の通信技術に対応する第2の通信チャネルを選択することを含む。

【0116】

第1の方法のいくつかの実施形態では、通信チャネルを選択するように基地局及びモバイルの一方を動作するステップは、チャネル状態の変化が急激な速度で生じた場合、前記複数のチャネル内で非選択の通信チャネルから利用できるものよりも高い周波数または時間ダイバーシティを構成するチャネルを前記複数のチャネル内で選択するステップと、チャネル状態の変化が、前記急激な速度よりも遅い速度であるゆっくりとした速度で生じた場合、チャネル状態の変化が前記急激な速度で生じた場合に選択した前記チャネルよりも高い空間ダイバーシティを構成する別の1つのチャネルを前記複数のチャネル内で選択するステップとを実行するように前記一方を動作することを含む。

【0117】

基地局によりさまざまな実施形態で用いられる複数のチャネルの1つ以上を固定でき、周期的とすることができ、且つ／または、動的に発生させることができる。チャネル及びチャネルの種類はさまざまな組み合わせ、例えば、固定し、且つ動的に発生させることも可能である。いくつかの実施形態では、固定した前記複数の通信チャネルの少なくともいくつかは、異なった時点で存在するチャネルの異なった組み合わせを伴って、事実上、周期的であり、いずれかの時点で存在するチャネルの組み合わせは、通信チャネルの周期性のため、予測可能である。例示的な方法のいくつかの実施形態では、基地局は、異なった技術に対応するチャネルの間で資源を、予め決定されたスケジュールに基づいて周期的に再割り当てする。さまざまな実施形態では、基地局は、異なった技術に対応するチャネルの間で資源を、1つ以上の無線端末から送信された信号に基づいて再割り当てする。本発明の方法の一部として、基地局は、特定の技術を用いるチャネルに対する要求を示す無線端末からの信号にตอบสนองして、特定の技術に対応するチャネルを生成できる。チャネルを要求した前記無線端末から送信された少なくとも1つの信号の関数である期間中、基地局は、無線端末からの信号にตอบสนองして生成されたチャネルを時々、維持する。

【0118】

本発明の方法のいくつかの実施形態では、基地局は複数のアンテナを含み、1つのこの

10

20

30

40

50

ような実施形態では、前記基地局と相互作用する第1の無線端末セットは複数の受信アンテナを含むが、前記基地局と相互作用する第2の無線端末セットは各々1つだけの受信アンテナを含む。1つのこのような実施形態では、複数の受信アンテナを含む移動ノードは、それらが前記基地局と相互作用するいくつかの時点で、MIMO技術に対応する通信チャネルを用い、前記基地局と相互作用する異なった時点で、1つの受信アンテナだけで足りる技術に対応するチャネルを用いる。いくつかの無線端末が1つだけの受信アンテナを含む場合では、これら端末は、複数の受信アンテナを必要としない技術に対応する1つ以上のチャネルを用いて基地局と相互作用する。

【0119】

第1の例示的な方法のさまざまな実施形態では、基地局は、複数の通信チャネルの1つから、前記無線端末から送信された信号の関数として異なった通信技術を用いる通信チャネルへ通信資源を再割り当てする。

【0120】

無線端末により基地局へ送信される生成された信号が、基地局へのチャネル選択を示すいくつかの実施形態では、この方法は、維持された通信品質情報セットに基づいて複数の通信チャネル間で選択し、これにより、より良い送信特性を前記無線端末へ与える送信技術に対応するチャネルを選択するように無線端末を動作することを含む。第1の例示的な方法のいくつかの実施形態では、基地局は、無線端末により選択された通信チャネルに対応する技術を用いる通信チャネルを生成するのに用いられる資源の量を増大させるために通信資源の使用を変更するように動作する。

【0121】

OFDMシステムに照らして主として説明したが、本発明の方法及び装置は、多くのOFDMでない、且つ／またはセル式でないシステムを含む広範な通信システムに適用できる。

【0122】

さまざまな実施形態において、この明細書で記述したノードは、本発明の1つ以上の方法に対応するステップ、例えば、信号処理、メッセージ生成及び／または送信ステップを実行するのに1つ以上のモジュールを用いて実施される。従って、いくつかの実施形態では、本発明のさまざまな特徴は、モジュールを用いて実施される。ソフトウェア、ハードウェア、または、ソフトウェア及びハードウェアの組み合わせを用いてこのようなモジュールを実施できる。機械、例えば、追加のハードウェアを持っている場合と、持っていない場合の汎用コンピュータを制御するためにメモリ装置、例えば、RAM、フロッピー（登録商標）ディスクなどのような機械可読媒体内に含まれたソフトウェアのような機械実行可能命令を用いて、上述した方法のすべて、あるいは一部を、例えば、1つ以上のノードで実施するために、多くの上述した方法または方法のステップを実施できる。従って、特に、本発明は、機械、例えば、プロセッサ及び関連のハードウェアに、上述した（複数の）方法の1つ以上のステップを実行させる機械実行可能命令を含む機械可読媒体に向けられる。

【0123】

本発明の上記の説明を考慮して、上述した本発明の方法及び装置に関する数多くの追加の変形態態は当業者にとって明らかになるであろう。このような変形態態は、本発明の範囲内にあると考えるべきである。CDMA、直交周波数分割多重化（OFDM）、及び／または、アクセスノードと移動ノードとの間で無線通信リンクを構成するのに用いることができるさまざまなその他の種類の通信技術と共に本発明の方法及び装置を用いることができ、そして、さまざまな実施形態で用いる。いくつかの実施形態では、アクセスノードは、OFDM及び／またはCDMAを用いて移動ノードと一緒に通信リンクを確立する基地局として実施される。さまざまな実施形態では、移動ノードは、本発明の方法を実施するため、ノートブックコンピュータ、パーソナルデータアシスタント（PDA）、または、受信機／送信機回路並びにロジック及び／またはルーチンを含むその他の携帯装置として実施される。

【図面の簡単な説明】

【0124】

【図1】本発明に従って無線端末と基地局との間で通信するのに用いることができる通信チャンネルを示す。

【図2】本発明に従って無線端末と基地局との間で通信するのに用いることができる通信チャンネルを示す。

【図3】本発明に従って無線端末と基地局との間で通信するのに用いることができる通信チャンネルを示す。

【図4】基地局が1つの便宜的なビームを用いた場合に移動受信機が読み取れるチャンネル変化を示すグラフである。

10

【図5】基地局が、位相にずれがある2つの便宜的なビームを用いた場合に移動受信機により読み取られたチャンネル変化を示すグラフ500である。

【図6】CDMA及びOFDMシステムに並列パイプを用いた例示的な実施形態を示す。

【図7】本発明に従って実施された例示的なCDMAまたはOFDMシステムに用いることができる並列パイプを示すグラフである。

【図8】動的に共有されるトラフィックセグメントを示す。

【図9】割り当てとトラフィックセグメントとの対応を示す図面900である。

【図10】受信したトラフィックセグメントにตอบสนองして送信された肯定応答を示す。

【図11】所定のパイプに用いられた技術を時間ごとに動的に変更できる代替の実施形態を示す。

20

【図12】異なったパイプに対する異なった送信電力の使用を示す。

【図13】本発明に従って実施された例示的な通信システム10を示す。

【図14】本発明に従って実施された例示的なアクセスルータ、例えば、基地局12を示す。

【図15】本発明に従って実施された例示的な移動ノード14を示す。

【図16】本発明に従って実施された例示的な無線通信システム1600の説明図である。

【図17】本発明に従って実施された例示的な基地局を示す。

【図18】本発明に従って実施された例示的な無線端末を示す。

【図19A】本発明による例示的な通信方法を示すフローチャートである。

30

【図19B】本発明による例示的な通信方法を示すフローチャートである。

【図20】本発明の例示的な一実施形態に従って無線端末により実行される方法を示す。

【図21】本発明の一実施形態に従って基地局により実行される方法を示す。

【符号の説明】

【0125】

10 通信システム

12 基地局

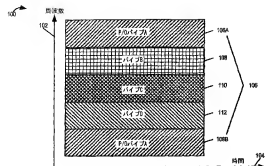
13, 15 通信信号

14 移動ノードMN1

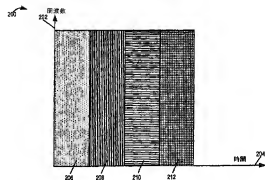
16 移動ノードMNN

40

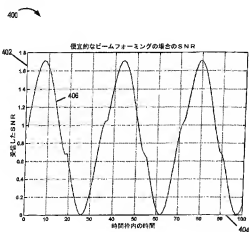
【図 1】



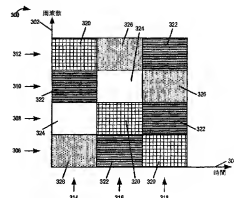
【図 2】



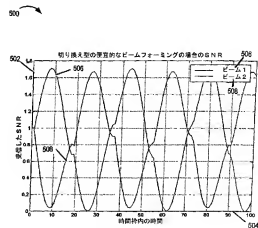
【図 3】



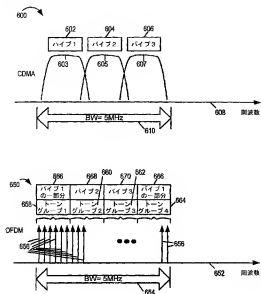
【図 4】



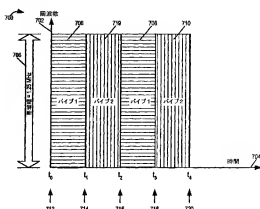
【図 5】



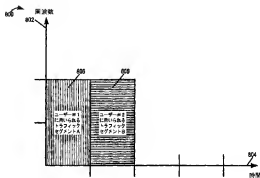
【図 6】



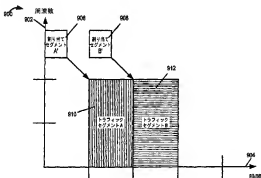
【図 7】



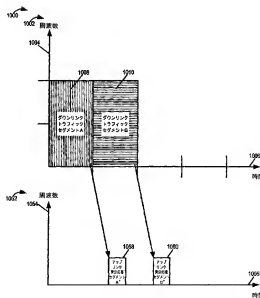
【図 8】



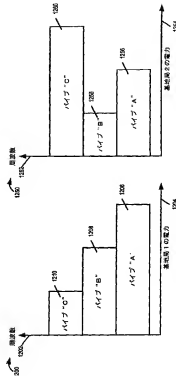
【図 9】



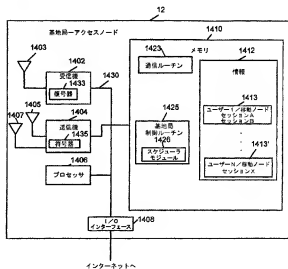
【図 10】



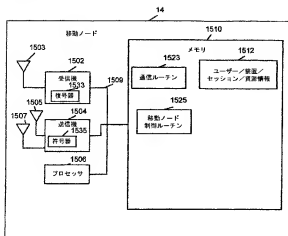
【图 1 2】



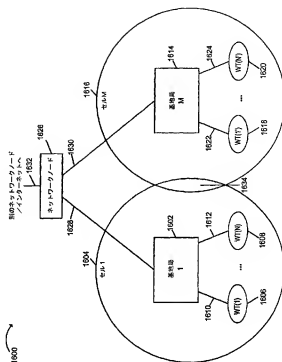
【 1 4 】



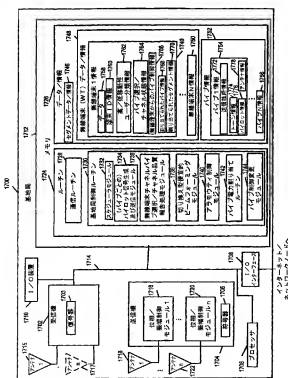
【図 15】



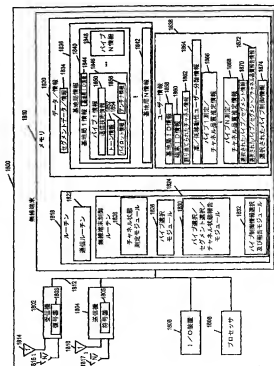
【図 16】



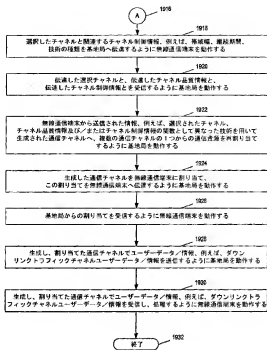
【図 17】



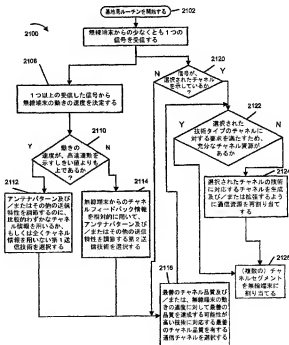
【図 18】



【図 19 B】



【例 2-1】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US04/12539

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER				
IPC(Cl.) : H04Q 1/20, H04B 1/00				
US CL. : 455/130, 101, 561, 64.4, 67.3, 67.1				
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC:				
B. FIELDS SEARCHED				
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)				
U.S. : 455/130, 101, 561, 64.4, 67.3, 67.1; 370/235				
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched EAST/WEST				
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)				
APS				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT				
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
A	US 2003/0190897 A1 (LEI et al) 09 October 2003, page 3 sections 0029-0030	1-38		
A	US 2003/0086371 A1 (WALTON et al) 08 May 2003, page 1 sections 0010-0013	1-38		
A	US 2003/0153273 A1 (EBERT et al) 14 August 2003, page 7 sections 0058-0065	1-38		
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See parent family annex.				
<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <p>* Special categories of cited documents</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another claim or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date of the invention</p> </td> <td style="vertical-align: top;"> <p>"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is considered with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"A" documents member of the same patent family</p> </td> </tr> </table>			<p>* Special categories of cited documents</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another claim or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date of the invention</p>	<p>"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is considered with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"A" documents member of the same patent family</p>
<p>* Special categories of cited documents</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another claim or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date of the invention</p>	<p>"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is considered with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"A" documents member of the same patent family</p>			
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report		
12 November 2004 (12.11.2004)		01 DEC 2004		
Name and mailing address of the ISA/US		Authorized officer		
Mail Stop PCT, Attn: ISA/US		Mohamed M. Mousa		
Commissioner for Patents		Telephone No. 703-308-5000		
P.O. Box 1450				
Alexandria, Virginia 22313-1450				
Facsimile No. (703) 305-5230				

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IT,LU,MC,NE,PL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MC,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NA,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 100088683

弁理士 中村 誠

(74)代理人 100108855

弁理士 蔵田 昌俊

(74)代理人 100075672

弁理士 峰 隆司

(74)代理人 100109830

弁理士 福原 淑弘

(74)代理人 100095441

弁理士 白根 俊郎

(74)代理人 100084618

弁理士 村松 貞男

(74)代理人 100103034

弁理士 野河 信久

(74)代理人 100140176

弁理士 砂川 克

(74)代理人 100092196

弁理士 橋本 良郎

(74)代理人 100100952

弁理士 風間 鉄也

(74)代理人 100076233

弁理士 伊藤 進

(72)発明者 ラロイア ラジブ

アメリカ合衆国 0 7 9 2 0 ニュージャージー州 パスキング リッジ ソマービル ロード
4 5 5

(72)発明者 スリニバサン ムラリ

アメリカ合衆国 0 8 8 7 3 ニュージャージー州 サマセット フリーモント コート 7 5

(72)発明者 リ ジュンイ

アメリカ合衆国 0 7 9 2 1 ニュージャージー州 ベドミンスター レン レーン 3 5 7

Fターム(参考) 5K022 DD01 DD13 DD19 DD21 DD31 EE02 EE14 EE21 EE31 FF00

5K067 AA23 CC10 CC24 DD45 EE02 EE10 HH22 JJ12 KK02 KK03

(19) World Intellectual Property
Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
4 November 2004 (04.11.2004)

PCT

(10) International Publication Number
WO 2004/095851 A2

(51) International Patent Classification⁷: **H04Q**
(21) International Application Number:
PCT/US2004/012539

GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(22) International Filing Date: 23 April 2004 (23.04.2004)
(25) Filing Language: English
(26) Publication Language: English
(30) Priority Data:
60/464,823 23 April 2003 (23.04.2003) US

Declarations under Rule 4.17:

— as to applicant's entitlement to apply for and be granted a patent (Rule 4.17(ii)) for the following designations AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW, ARIPO patent (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)

(71) Applicant (for all designated States except US): **FLARION TECHNOLOGIES, INC.** [US/US]; Bedminster One, 135 Route 202/206 South, Bedminster, NJ 07921 (US).

(72) Inventors; and
(75) Inventors/Applicants (for US only): **LAROA, Rajiv** [IN/US]; 455 Somerville Road, Basking Ridge, NJ 07920 (US). **SRINIVASAN, Murari** [IN/US]; 75 Freemont Court, Somerset, NJ 08873 (US). **LI, Junyi** [CN/US]; 357 Wren Lane, Bedminster, NJ 07921 (US).

(74) Agent: **STRAUB, Michael, P.**; Straub & Pokotylo, 620 Tinton Avenue, Building B, 2nd Floor, Tinton Falls, NJ 07724-3260 (US).

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of national protection available): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,

— as to the applicant's entitlement to claim the priority of the earlier application (Rule 4.17(iii)) for the following designations AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW, ARIPO patent (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)

Published:

— without international search report and to be republished upon receipt of that report

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: METHODS AND APPARATUS OF ENHANCING PERFORMANCE IN WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS

(57) Abstract: Methods and apparatus for supporting and using multiple communications channels corresponding to different transmit technologies and/or access technologies in parallel within a cell of a wireless communications system are described. Mobile nodes support multiple technologies and can switch between the technology being used at a particular point in time, e.g., from a first channel corresponding to a first technology to a second channel corresponding to a different technology which provides better transmission characteristics, e.g., a better perceived channel quality. Mobiles maintain at least two sets of channel quality information at any one point in time. Mobiles select the better channel and communicate the channel selection to the base station or communicate channel quality information for multiple channels to the base station and allow the base station to select the channel corresponding to the technology providing the better conditions for the mobile. Different mobiles in the same cell may support different technologies.

WO 2004/095851 A2

METHODS AND APPARATUS OF ENHANCING PERFORMANCE IN WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS

FIELD OF THE INVENTION:

5

The present invention relates to wireless communications methods and apparatus and, more particularly, to methods and apparatus for using multiple communications techniques on a dynamically selected basis to communicate with one or more devices.

BACKGROUND:

10 In a wireless multiple access communication system, a base station is responsible for communicating with multiple users. In general, the condition and characteristics of the wireless communication channel between a user and the base station can vary quite a lot from one user to
15 another. The reason is that while channel fading is an ubiquitous phenomenon occurring in most wireless channels, the nature of the fading process can vary widely. For example, users who are moving rapidly experience fast fading, which can be challenging for the transmitter to track. On the other hand, stationary or pedestrian users normally experience channels with very slow fading that can be tracked accurately by the transmitter using feedback from the receiver. As the
20 transmission techniques for achieving optimum performance depend on the condition and characteristics of channels on which communication takes place, it may be infeasible to have a single technique that performs well for all channel scenarios.

Several advanced communication techniques have been proposed for state-of-the-art
25 wireless communication systems, many of which use multiple antennas at the transmitter and sometimes at the receiver. Some communication techniques are optimized for situations where the transmitter has multiple antennas while the receiver is constrained to have a single antenna. Within this category, some techniques, such as the Alamouti scheme, are optimized for receivers that perceive rapidly fading channels that can be tracked at the receiver but not at the transmitter.
30 The Alamouti scheme is described in S.M. Alamouti, "A simple transmitter diversity scheme for wireless communications," IEEE Journal on Selected Areas in Communication, vol. 16, pp.1451-1458, Oct. 1998. There is a whole family of techniques, generally referred to as MIMO (multiple-input, multiple-output) techniques that are applicable in situations where the transmitter as well as the receiver have multiple antennas and can form a matrix channel. Some

of these techniques are described in 1) V. Tarokh, N. Seshadri and R. Calderbank, "Space-time codes for high data rate wireless communication: Performance criterion and code construction," IEEE transactions on Information Theory, vol. 44, pp. 744-765, March 1998 and 2) A. Naguib, N. Seshadri and R. Calderbank, "Increasing data rate over wireless channels," IEEE Signal Processing Magazine, May 2000. These can, in general, extend performance along two dimensions. They can either be used for providing additional diversity (*diversity gain*), or they can be used to increase the data rate by establishing parallel data streams between transmit and receive antennas (*spatial multiplexing*). In general, a given space-time coding technique offers some diversity gain and some spatial multiplexing gain.

10

While different transmission technologies may provide benefits to one set of users in a multi-user system, other technologies may be better suited for providing signals to another set of users in the system. Furthermore, which technology provides the best method for supplying information to a user may change over time, e.g., as the user moves from one location to another and/or a user's rate of movement changes with time. Accordingly, there is a need for methods and apparatus for providing a mobile user the benefits of a particular technology at a point in time which best suits the mobile's needs, reception characteristics and/or other mobile related characteristics such as motion characteristics, at the particular point in time. In addition, in a multi-user system, it would be desirable to be able to provide different wireless terminals, e.g., mobile devices, in a cell

20

SUMMARY OF THE INVENTION:

Given the mix of users in a wireless communication system, it may not be desirable to use a transmission technique that is optimized for a single particular category of users. This use of one transmission technique for all classes of users may constrain the performance of the system.

25

The present invention is directed to methods and apparatus for taking advantage of the transmission benefits which can be achieved by supporting a plurality of different communications technologies at a base station or other common node which interacts using wireless communications channels with one or more wireless terminals, e.g., mobile nodes. The different communications technologies may be different transmission technologies which

30

involve, e.g., different ways of controlling antenna patterns and/or different access technologies. Access technologies are frequently defined in engineering or other fixed standards which are, in many cases, publicly available.

5 In accordance with the present invention a base station supports multiple communications channels which are sometimes referred to herein as pipes. The quality of the communication channel, and thus its capacity to communicate information, is normally a function of both the amount of resources allocated to the particular channel and the type of technology used to implement the channel. Physical conditions such as signal interference may
10 also affect wireless transmission and thus the quality of a channel. However, the effect of physical conditions on a channel will often differ depending on the type of access technology used to implement the particular communications channel.

 In accordance with one embodiment of the present invention, a base station supports
15 multiple channels corresponding to different technologies at any particular point in time. The channels may be fixed and remain unchanged over long periods of time, e.g., multiple periods in which one or more mobile nodes are scheduled to use the communications channel. Alternatively, some or all of the channels may be periodic in nature with channels corresponding to different technologies being maintained at different points in time, e.g., in a repeating
20 predictable manner resulting in different channel combinations existing at various points in time. In addition and/or as an alternative to using a fixed set of communications channels corresponding to different accesses technologies in parallel, a base station may operate to allocate resources to channels corresponding to channels corresponding to different technologies in a dynamic fashion. For example, in some embodiments, in response to a mobile node
25 indicating a selection of a channel corresponding to a particular technology to be used to the base station or the base station selecting to support communications with the mobile node using a particular communications technology, the base station may create a channel corresponding to the selected communications technology and/or increase the allocation of resources to an existing channel corresponding to the elected communications technology, e.g., to increase the
30 amount of time the selected technology is used and to thereby increase the number of channel segments corresponding to a particular transmission technology.

- The communications technologies which are used to create communications channels may, and often are, incompatible. For example communication over communications channel created with different incompatible technologies may require physical and/or signal processing changes in the receiver and/or transmitter when changing from a communications channel
- 5 corresponding to a first technology to a communications channel implemented using a second technology which is incompatible with the first technology. This is because particular technologies may impose physical and/or other constraints such as specific hardware configuration requirements, such as the number of antennas used, which have to be satisfied for successful receipt and/or transmission of signals corresponding to the particular technology.
- 10 Communications technologies are often defined by communications standards published by one or more standards bodies. Two communications technologies defined by communications standards may be considered incompatible when compliance with the communications standard which defines or specifies the requirements for one communications technology would result in a transmission, reception or other constraint or operation which would violate a requirement
- 15 specified in the standard which defines or otherwise specifies the requirements for the other of the two communications technologies.

- A system implemented in accordance with the invention normally includes at least one communications cell but will more commonly include multiple cells. Each cell includes at least
- 20 one base station. A plurality of wireless terminals, e.g., mobile devices, normally communicate with the base station at any given point in time, e.g., using segments of one or more communications channels. Given that different communications channels use different communications channels, to take advantage of the benefits of the diversity provided by supporting multiple communications technologies at the same time or in a periodic predictable
- 25 manner which uses different technologies at recurring time intervals, at least some wireless terminals support multiple technologies. For example, a wireless terminal may be capable of supporting OFDM and CDMA communications. While some wireless terminals support multiple technologies, other wireless terminals may support only one technology. For example, some wireless terminals may include a single receive antenna while other wireless terminals
- 30 may include multiple receive antennas. The wireless terminals which include multiple receive antennas may can switch between communications channels which use MIMO and require multiple receive antennas and channels which correspond to technologies which use a single receive antenna. Wireless terminals with a single receive antenna would use the channel or

channels which are implemented using the single receive antenna technologies and would still be able to interact with the base station but would not be able to take advantage of the channels require multiple receive antennas.

- 5 In order to support an intelligent selection of which channel to use at a particular time, each wireless terminal which supports multiple technologies maintains a set of quality information, e.g. SNR information, for at least two channels implemented using two different, e.g., incompatible, technologies. In some implementations, the wireless terminal selects between the plurality of channels based on which channel is indicated to provide the better
- 10 quality at a particular point in time as indicated, e.g., by a comparison of the quality information corresponding to the different channels. In one such embodiment the wireless terminal transmits a signal to the base station indicating the technology and/or channel corresponding to a particular technology which the wireless terminal has determined will provide the desired quality level. In other embodiments, the wireless terminal transmits a signal to the base station
- 15 providing quality information on at least two channels implemented using different technologies. The base station then selects the channel which is implemented using a technology which will provide the wireless terminal a desired level of performance. The base station selection channel selection method is particularly beneficial where multiple channels may provide a suitable quality level to the wireless terminal and the base station considers
- 20 channel loading in addition to the reported channel quality information when making a channel selection with regard to the channel to be used to communicate with a particular wireless terminal.

- In some embodiments, the mobility of the mobile node is taken into consideration when
- 25 deciding what technology to use to communicate with the mobile node. In cases where the mobile node is moving at a high speed, the channel is likely to be changing at a relatively high rate. The speed of motion by a wireless terminal is sometimes estimated based on the rate of fading, a measured Doppler shift, or other signals such as the rate of changes in the power level of a periodic signal received from a wireless terminal or the rate and/or amount of timing
- 30 corrections made by a wireless terminal or signaled to the wireless terminal.

 When a channel changes at a high rate, the rate at which a wireless terminal feeds back channel condition information to a base station should also be high, e.g., so that the information

is not highly inaccurate by the time it is received and/or acted upon. In a wireless system, where conservation of communications bandwidth is often an important consideration, in the case of rapid movement of a wireless terminal, it may be desirable to use a communications technology which uses little or no channel condition feedback, e.g., to adjust the antenna transmission pattern.

In cases where wireless terminal motion is zero or relatively slow, beam forming techniques which use feedback information from the wireless terminals at the base station to control antenna patterns may be highly desirable.

Accordingly, in some embodiments of the invention the wireless terminals estimate their rate of motion or the base station makes a motion determination using one or more of the above described techniques or various other techniques such as using Global Positioning Satellite (GPS) information to detect changes in position. The rate of motion is then used in some embodiments to detect the communications channel which is implemented using the communications technology which is best suited for the particular measured or estimated rate of motion. In some cases, this involves selecting a channel which uses a technology which requires little or no channel condition feedback information for a wireless terminal moving at a fast rate and selecting a communications channel which uses a faster channel condition feedback rate when the wireless terminal is moving at a slower rate. Different motion rate thresholds may be used in a wireless terminal to select between communications channels corresponding to different communications technologies so that the technology used can be best matched to the wireless terminals rate of motion which, in the case of a station terminal will be zero.

In addition to physical issues, the type of data to be transmitted and the amount of data may affect the selection of a channel corresponding to a particular technology. For example, some technologies may be better suited to voice traffic which may require a continuous or near continuous connection and/or flow of data for extended period of time while other technologies may be better suited to short bursty data transmissions where minimal set up time may be beneficial.

In view of the above discussion, it should be appreciated that wireless terminals capable of supporting multiple different communications technologies can obtain benefits by switching

between channels implemented using various different, and often incompatible, communications technologies. This allows a wireless terminal to obtain the benefit of using the best or at least a suitable supported technology for a particular given situation. Examples of different access technologies which may be supported by a wireless terminal in accordance with the invention include CDMA, OFDM, and narrowband signal carrier technologies. Access technologies defined in various WiFi standards and/or other communications standards may also be supported.

Numerous additional benefits, embodiments and features of the present invention are described in the detailed description which follows.

BRIEF DESCRIPTION OF THE FIGURES

Figures 1-3 illustrate various communications channels which may be used to communicate between a wireless terminal and a base station in accordance with the invention.

Figure 4 is a graph illustrating the channel variations a mobile receiver may perceive when the base station uses a single opportunistic beam.

Figure 5 is a graph 500 illustrating the channel variations perceived by a mobile receiver when the base station uses two opportunistic beams that are offset in phase.

Figure 6 illustrates exemplary embodiments of using parallel pipes in CDMA and OFDM systems.

Figure 7 is a graph illustrating parallel pipes that may be used in an exemplary CDMA or OFDM system implemented in accordance with the invention.

Figure 8 illustrates dynamically shared traffic segments.

Figure 9 is a drawing 900 illustrating the correspondence between assignment and traffic segments.

Figure 10 is a drawing illustrating acknowledgements sent in response to traffic segments received.

Figure 11 shows an alternative embodiment where the technique used in a given pipe can
5 be changed dynamically from time to time.

Figure 12 illustrates the use of different transmit powers on different pipes.

Figure 13 illustrates an exemplary communications system 10 implemented in
10 accordance with the invention.

Figure 14 illustrates an exemplary access router, e.g., base station 12, implemented in accordance with the invention.

Figure 15 illustrates an exemplary mobile node 14 implemented in accordance with the
present invention.

Figure 16 is an illustration of an exemplary wireless communications system 1600,
implemented in accordance with the present invention.

20

Figure 17 illustrates an exemplary base station implemented in accordance with the present invention.

Figure 18 illustrates an exemplary wireless terminal implemented in accordance with the
25 present invention.

Figure 19 is a flowchart illustrating an exemplary communications method in accordance with the present invention.

Figure 20 illustrates a method performed by a wireless terminal in accordance with one
exemplary embodiment of the invention.

Figure 21 illustrates a method performed by a base station in accordance with one embodiment of the invention.

DETAILED DESCRIPTION:

5

This invention discloses methods and apparatus to enhance the overall performance of a wireless multiuser communication system using multiple transmit antennas. The methods and apparatus of the present invention may be used in systems such as the ones described in U.S. Patent S.N. 09/691,766, filed October 18, 2000 which is hereby expressly incorporated by reference. Communications systems in which the invention may be used often typically feature communication to and from multiple wireless users whose channel conditions and characteristics can vary significantly from one user to another. The remainder of this description, for purposes of explaining the invention, will be presented in the context of an exemplary cellular wireless system. However, the invention is sufficiently fundamental that its advantages may be realized in other flavors of wireless communication systems, e.g., non-cellular systems, as well.

15

This invention realizes significant benefits in the downlink (from the base station to mobile users) as well as the uplink (mobile users transmitting to the base station) channels of cellular wireless systems. The description below focuses on the downlink but it should be understood that the technique is general in nature and is applicable to the uplink as well in systems where a mobile, e.g., wireless terminal, has multiple transmit antennas.

20

The central idea of this invention is the creation of multiple parallel 'pipes' by the subdivision of the available transmission resources in a system, and the realization of different transmission techniques using multiple transmit antennas in these pipes.

25

In accordance with this invention, a "pipe" is most generally a partition of the available air link resource. The available degrees of freedom are partitioned into several pipes such that the receiver can measure the wireless channel quality on any of the parallel pipes independently. The partition can be done in any particular way, such as in frequency, in time, or in code, or some combination of these.

30

In general, the construction of the pipes can be in a frequency or time division manner or

in a combined time/frequency manner. The embodiment in Figure 1 constructs the parallel pipes by partitioning the air link resource in frequency. Figure 1 is a graph 100 of frequency on vertical axis 102 vs time on horizontal axis 104. Figure 1 includes four downlink parallel pipes A 106, B 108, C 110 and D 112. Pipe A 106 includes two disjoint frequency segments 106A, 106B and may represent a pipe for high mobility uses. Pipe B 108, pipe C 110, and pipe D 112 each include a single frequency segment and may represent pipes for low mobility users. Figure 2 shows another embodiment where parallel pipes are obtained by partitioning the air link resource in time. Figure 2 is a graph 200 of frequency on the vertical axis 202 vs time on the horizontal axis 204. Figure 2 includes includes four segments 206, 208, 210, and 212, where each segment 206, 208, 210, 212 occupies the same frequency range, but a different time slot. The two embodiments shown in Figure 1 and Figure 2 can be mixed to lead to another embodiment as shown in Figure 3, where both frequency division and time division to construct parallel pipes. Figure 3 is a graph 300 of frequency on the vertical axis 302 vs time on the horizontal axis 304. Figure 3 illustrates four physical frequency bands, a first physical frequency band 306, a second physical frequency band 308, a third physical frequency band 310, and a fourth physical frequency band 312. Figure 3 also illustrates three time slots, a first time slot 314, a second time slot 316, and a third time slot 318. In Figure 3, each pipe 320, 322, 324, 326 while defined in a particular logical frequency extent occupies a different physical frequency band from one time slot to the next. Different types of shading are used to distinguish between different pipes in Fig. 3 with different frequency time blocks with the same shading corresponding to the same pipe. Pipe 320 occupies: frequency band 312 in first time slot 314, frequency band 308 in second time slot 316, and frequency band 306 in third time slot 318. Pipe 322 occupies: frequency band 310 in first time slot 314, frequency band 306 in second time slot 316, and frequency bands 312 and 308 in third time slot 318. Pipe 324 occupies: frequency band 308 in first time slot 314 and frequency band 310 in second time slot 316. Pipe 326 occupies: frequency band 306 in first time slot 314, frequency band 312 in second time slot 316, and frequency band 310 in third time slot 318. Figure 6 illustrates exemplary embodiments of using parallel pipes in CDMA and OFDM systems. Figure 6 is a drawing 600 illustrating three pipes, pipe 1 602, pipe 2 604, and pipe 3 606 in an exemplary CDMA system. Drawing 600 includes a horizontal axis 608 representing frequency. The exemplary CDMA system has a 5 MHz bandwidth 610 in total, which is partitioned into three carriers 603, 605, 607, each representing a 1.25 MHz pipe, resulting in a total of 3 pipes (Pipe 1 602, pipe 2 604, pipe 3 606). Thus, there are three parallel pipes 602, 604, 606 in that 5 MHz CDMA system. Figure 6 also

includes a drawing 650 illustrating multiple pipes in an exemplary OFDM system. Drawing 650 includes a horizontal axis 652 representing frequency. The illustrated OFDM system also has a 5 MHz bandwidth 654 in total, which is divided into N tones where vertical arrows 656 are used to represent individual tones. In Figure 6, those N tones 656 are grouped into four subsets 658, 660, 662, 664. Figure 650 includes three parallel pipes 666, 668, 670. First parallel pipe 666 includes two tone subsets 658 and 664. Second parallel pipe 668 include one tone subset 660. Third parallel pipe 670 includes one tone subset 662. Thus, there are three parallel pipes in that 5 MHz OFDM system.

Figure 7 is a graph 700 of frequency on the vertical axis 702 vs time on the horizontal axis 704 illustrating parallel pipes that may be used in an exemplary CDMA or OFDM system. In Figure 7 the illustrated CDMA or OFDM system has a 1.25 MHz bandwidth 706 in total, which is shared by two parallel pipes 708, 710 in a time division manner. Different shading is used to indicate the components of the different pipes 708, 710 with horizontal lines being used to indicate components of one pipe and vertical lines to indicate components of the other pipe. Pipe 1 708 occupies the 1.25MHz BW from time t_0 712 to t_1 714 and from time t_2 716 to t_3 718. Pipe 2 710 occupies the 1.25MHz BW from time t_1 714 to t_2 716 and from time t_3 718 to t_4 720.

Each of the pipes formed in this manner is associated with a specific use of the multiple transmit antennas available at the transmitter. In general, the different pipes use the available antennas differently. The transmission technique within a pipe may be optimized for a certain category of wireless channel characteristics and, in general, suits a certain category of users. A desirable characteristic of this partitioning is that wireless receivers should be able to monitor channel conditions corresponding to each pipe independently. One way this may be achieved, for example, is to transmit pilots independently in each of the pipes to facilitate channel estimation.

An exemplary embodiment of the invention is described below in the context of a cellular wireless data communication system. The exemplary system is similar to the systems disclosed in U.S. Patent Applications 09/706,377 and 09/706,132, which are hereby incorporated by reference. The exemplary system includes modifications to the systems described in the referenced applications which cause the exemplary system to implement the present invention. While an exemplary wireless system is used for purposes of explaining the

invention, the invention is broader in scope than the example and can be applied, in general, to many other communication systems as well.

In a wireless data communication system, the air link resource generally includes
5 bandwidth, time or power. The air link resource that transports data and/or voice traffic is called the traffic channel. Data is communicated over the traffic channel in traffic channel segments (traffic segments for short). Traffic segments may serve as the basic or minimum units of the available traffic channel resources. Downlink traffic segments transport data traffic from the base station to the wireless terminals, while uplink traffic segments transport data traffic from
10 the wireless terminals to the base station. One system to which the present invention may be applied is the spread spectrum OFDM (orthogonal frequency division multiplexing) multiple-access system disclosed in U.S. Patent Application 09/267,471.

In the exemplary system used here to explain the invention, a traffic segment includes of
15 a number of frequency tones over a finite time interval. Each of the parallel pipes includes traffic segments that can be shared dynamically among the wireless terminals that are communicating with a base station. A scheduling function is a module in the base station that assigns each uplink and downlink traffic segment to one (or more) of the mobile terminals based on a number of criteria. A given traffic segment can be entirely contained in one pipe or more generally it can
20 occupy resources in more than one pipe or even each of the pipes. The transmitter and receiver know the structure of traffic segments in the pipes.

The allocation of traffic segments to users is done on a segment-by-segment basis and different segments can be allocated to different users. Figure 8 is a drawing 800 illustrating
25 dynamically shared traffic segments. Figure 8 includes a vertical axis 802 representing frequency vs a horizontal axis 804 representing time, and is used for plotting exemplary traffic segments. For example, in Figure 8, segment A 806, having vertical lines for shading, is assigned to user #1 by the base station scheduler and segment B 808, having horizontal lines for shading, is assigned to user #2. The base station scheduler can rapidly assign the traffic channel
30 segments to different users according to their traffic needs and channel conditions. The allocation of channel segments may be time varying in general. The traffic channel is thus effectively shared and dynamically allocated among different users on a segment-by-segment basis.

In the exemplary system of the present invention, the assignment information of downlink (and uplink) traffic channel segments to users is transported in the assignment channel, which includes a series of assignment segments. Each traffic segment is associated with a unique assignment segment. An assignment segment can, and in some embodiments does, convey assignment information about one or more traffic segments. The assignment segment associated with one or more given traffic segment(s) conveys the assignment information for the associated traffic segment(s). The assignment information may include the identifier of the user terminal(s), which is assigned to utilize the associated traffic segment(s), and also the coding and modulation scheme to be used in the associated traffic segment(s). Figure 9 is a drawing 900 illustrating the correspondence between assignment and traffic segments. Figure 9 includes a vertical axis 902 representing frequency vs a horizontal axis 904 representing time, and is used for plotting exemplary assignment and traffic segments. For example, Figure 9 shows two assignment segments, A'906 and B' 908, which convey the assignment information corresponding to the associated traffic segments A 910 and B 912, respectively. The assignment channel is a shared channel resource. The users receive the assignment information conveyed in the assignment channel and then utilize the traffic channel segments according to the assignment information. Assignment segments could be contained in any one pipe or more generally be split across many or each of the pipes to provide maximum diversity.

Data transmitted by the base station on a downlink traffic segment is decoded by a receiver in the intended wireless terminal while data transmitted by the assigned wireless terminal on the uplink segment is decoded by a receiver in the base station. Typically the transmitted segment includes redundant bits that help the receiver determine if the data is decoded correctly. This is done because the wireless channel may be unreliable and data traffic, to be useful, typically has high integrity requirements.

Because of interference, noise and/or channel fading in a wireless system, the transmission of a traffic segment may succeed or fail. In the exemplary system of the present invention, the receiver of a traffic segment sends an acknowledgment to indicate whether the segment has been received correctly. The acknowledgment information corresponding to traffic channel segments is transported in the acknowledgment channel, which includes a series of acknowledgment segments. Each traffic segment is associated with a unique acknowledgment

segment. For a downlink traffic segment, the acknowledgment segment is in the uplink. For an uplink traffic segment, the acknowledgment segment is in the downlink. At the minimum, the acknowledgment segment conveys one-bit of information, e.g., a bit, indicating whether the associated traffic segment has been received correctly or not. Because of the predetermined association between uplink traffic segments and acknowledgement segments, there may be no need to convey other information such as the user identifier or segment index in an acknowledgment segment. Acknowledgement segments could be included in any one pipe or more generally be split across many or each of the pipes to provide maximum diversity.

An acknowledgment segment is normally used by the user terminal that utilizes the associated traffic segment and not other user terminals. Thus, in both the links (uplink and downlink) the acknowledgment channel is a shared resource, as it can be used by multiple users, e.g., with different users using different segments at different times. While being a shared resource, there is no contention that results from the use of the acknowledgment channel, as there is no ambiguity in which user terminal is to use a particular acknowledgement segment. Figure 10 is a drawing 1000 illustrating acknowledgements sent in response to traffic segments received. Figure 10 includes a drawing 1002 of frequency on the vertical axis 1004 vs time on the horizontal axis 1006 used for illustrating downlink traffic segments. In drawing 1002, exemplary downlink traffic segment A 1008 and exemplary downlink traffic segment B 1010 are shown. Figure 10 also includes a drawing 1052 of frequency on the vertical axis 1054 vs time on the horizontal axis 1056 used for illustrating acknowledgements segments of an uplink acknowledgement segment channel that may be used to transmit acknowledgement signals sent in response to received downlink traffic segment signals. Drawing 1052 of Figure 10 shows two uplink acknowledgment segments, A'' 1058 and B'' 1060, which convey the acknowledgment information of downlink traffic segments A 1008 and B 1010.

Figure 1 illustrates a basic embodiment of the invention in the framework of the exemplary OFDM system described above. In this embodiment, the available bandwidth is divided in frequency into four parallel pipes, labeled as 'A' 106, 'B' 108, 'C' 110 and 'D' 112, which can be used to serve different users simultaneously. Each of the pipes 106, 108, 110, 112 is associated with its own two-antenna transmission technique as will be described below. Extension to more than two antennas is possible.

The spread-spectrum properties of the exemplary OFDM system are obtained by allowing logical tones to periodically hop in a pseudo-random manner across the available bandwidth. In the context of this invention, each of the parallel pipes could maintain a spread-spectrum property within the bandwidth in which it is defined. Tones used in all the channels defined in a particular pipe are hopped in a pseudo-random manner across the frequency band/bands in which the pipe is defined. More generally, the logical tones in the system could hop across the bandwidth resources of two or more pipes.

In accordance with the invention, the measurement of the channel quality of each of the parallel pipes should be facilitated. In the context of the exemplary system, pilot tones can be used to facilitate channel quality measurements. Channel quality measurements may include signal-to-interference ratio (SIR) and fading characteristics. In this embodiment, each parallel pipe contains its own pilot tones. The densities of pilots used in each pipe can be varied to suit the transmission technique employed as will be discussed below. In one exemplary embodiment, the mobile receiver estimates the channel quality on the pipes. Based on the channel quality estimates, the receiver then determines the best pipe to receive the data traffic segments on. The mobile receiver then reports this pipe selection along with the channel quality estimate on the pipe to the base station. The structure of the channel estimate report may be different for different pipes depending on the transmission technique used in the pipe.

The independent channel estimation of multiple parallel pipes facilitates the pipe selection process. This concept allows the mobile receiver to perform pipe selection in cooperation with the base station transmitter.

In a more general setting, a user receiver may determine that the best traffic segments for it to receive data are the ones that are split across two or more pipes. In this case the mobile receiver indicates this selection of traffic segments to the base station along with the channel quality estimate. Here the channel quality estimate is formed based on the channel quality estimates of the corresponding pipes that the segments are split across.

The base station as well as the mobile terminals may use a common control channel in addition to traffic data and assignment channels. The control channel may be used to

communicate power control and/or other control information. The control channel resources could be entirely included in one pipe or, more generally, be split into two or more pipes.

In the example illustration in Figure 1, pipe A 106 is formed from two non-contiguous bands 106A and 106 B while pipes B 108, C 110 and D 112 are each formed from resources in a contiguous band of spectrum. The idea behind having many pipes is to use the two available base station transmit antennas differently in each pipe so that different pipes likely have different channel quality for different user terminals. In Figure 1, pipes 'B' 108, 'C' 110 and 'D' 112 are optimized for transmission to user terminals whose channel is varying relatively slowly compared with the frequency of channel quality feedback and thus the channel quality can be tracked reliably at the base station, e.g., low mobility or stationary users. In this scenario, the technique of switched opportunistic beamforming is complemented with intelligent scheduling that exploits multi-user diversity is a natural application. Opportunistic beamforming as described in U.S. Provisional Patent Application S.N. 09/691,766 which is hereby incorporated by reference, is a technique that is used to exploit multiuser diversity in scenarios where mobile users experience quasi-static or slowly varying channels. In this technique, the base station transmitter uses multiple transmit antennas to deliberately create channel fluctuations which can be exploited by an opportunistic scheduler to increase system capacity. In switched opportunistic beamforming, the base station transmitter has the additional advantage of being able to create independent opportunistic beams in multiple parallel pipes. The mobile receivers can track the variations of the wireless channel over all the pipes and report a preferred pipe back to the base station along with the channel quality on that pipe. The induced channel variations can be coordinated between the parallel pipes in such a manner that it is very likely that at least one of the pipes is substantially better than the others. This technique can realize the available transmit diversity gain offered by two transmit antennas along with any available frequency diversity gain plus beamforming gain. In a cellular deployment where different base stations use the same (or similar) pipe structure, a user terminal is likely to select a pipe which has a good channel to the desired base station and a not so good channel to the interfering base station. The resulting additional gain is termed as opportunistic cell coordination gain. In the remaining part of this description, the pipes denoted 'B' 108, 'C' 110 and 'D' 112 will be referred to as 'opportunistic beamforming pipes' and it is assumed that they can use the switched opportunistic beamforming technique described in U.S. Provisional Patent Application S.N. 09/691,766 which is hereby incorporated by reference including each of the generalizations of the technique..

The concept of switched opportunistic beamforming may be motivated using an example using two transmit antennas. Figure 4 is a graph 400 illustrates the channel variations perceived by a mobile receiver when the base station uses a single opportunistic beam. Graph 400 includes a vertical axis 402 representing received SNR, a horizontal axis 404 representing time in slots, and a plot 406 of SNR experienced by a receiver with a single opportunistic beam. Figure 5 is a graph 500 illustrating the channel variations perceived by a mobile receiver when the base station uses two opportunistic beams that are offset in phase. In Figure 5, the base station produces two opportunistic beams on different pipes that are offset in phase from each other. Graph 500 includes a vertical axis 502 representing received SNR, a horizontal axis 504 representing time in slots, a plot 506 of SNR experienced by a receiver with respect to beam 1, and a plot 508 of SNR experienced by a receiver with respect to beam 2. The receiver sees the channel quality varying over time on any particular pipe and, in general, perceives high channel quality on one of the pipes (and corresponding beams) when another pipe (and corresponding beam) offer low channel quality, as illustrated in Figure 4 and Figure 5. It is easy to see that using two beams can effectively reduce the latency at the receiver in waiting for a time instant when the channel quality is high and the receiver can select between the beams depending on their channel qualities. The receiver is in a position to select the strongest among these beams and report the pipe associated with the selected beam (and the corresponding channel quality) to the transmitter, such that the transmitter can send traffic to the receiver with the pipe of the best channel quality.

In the context of this invention, assume that the base station transmitter uses two antennas in each of pipes 'B' 108, 'C' 110 and 'D' 112 for the purpose of creating opportunistic beams. Consider a mobile receiver and denote the time-varying channel responses from the two transmit antennas to that receiver as $h_a(t)$ and $h_b(t)$ respectively. For clarity of description, it is assumed that the channel response from either antenna to the receiver is constant across frequency, and hence constant across the multiple pipes. However, this assumption does not diminish or constrain the invention in any way. Let $\{\alpha_1(t), \alpha_2(t), \alpha_3(t)\}$ and $\{\beta_1(t), \beta_2(t), \beta_3(t)\}$ be time-varying coefficients used to modulate the signals on the first and second antenna respectively in the pipes 'B' 108, 'C' 110 and 'D' 112. If the signals to be transmitted over the opportunistic beamforming pipes are denoted by

-18-

$$\overline{S}(t) = \{S_B(t), S_C(t), S_D(t)\},$$

then the actual physical signals that are transmitted over the pipes from the two antennas can be represented by

5

$$\overline{S^{(0)}}(t) = \{\alpha_1(t)S_B(t), \alpha_2(t)S_C(t), \alpha_3(t)S_C(t)\}$$

$$\overline{S^{(2)}}(t) = \{\beta_1(t)S_B(t), \beta_2(t)S_C(t), \beta_3(t)S_C(t)\}$$

Therefore, the signals received by the receiver in the opportunistic beamforming pipes
10 are given by

$$R_B(t) = S_B(t)[h_a(t)\alpha_1(t) + h_\beta(t)\beta_1(t)]$$

$$R_C(t) = S_C(t)[h_a(t)\alpha_2(t) + h_\beta(t)\beta_2(t)]$$

$$R_D(t) = S_D(t)[h_a(t)\alpha_3(t) + h_\beta(t)\beta_3(t)]$$

15

Hence, when the invention is applied to the system with two transmit antennas and multiple parallel pipes, the composite channel response in k-th parallel pipe from the transmitter to the receiver is effectively given by $\alpha_k(t)h_a(t) + \beta_k(t)h_\beta(t)$.

20 With a suitable choice of the values of the coefficients $\{\alpha_k(t)\}$ and $\{\beta_k(t)\}$ at the transmitter, at least one of the opportunistic beamforming pipes will likely have higher composite channel quality than the composite channel responses of the other pipes. The choice of the coefficients $\{\alpha_k(t), \beta_k(t)\}$ is quite flexible. In one embodiment, $\{\alpha_k(t)\}$ is set to a constant, $\{\beta_k(t)\}$ is set to be a constant-amplitude complex number with phase being rotated
25 with time:

$$\alpha_k(t) = 1$$

$$\beta_k(t) = \exp(j2\pi f_{rot}t + v_k)$$

where the phase offsets $\{v_k\}$ are uniformly distributed in $[0, 2\pi]$. In this example, since there are
30 pipes employing opportunistic beamforming, the phase offsets may be chosen as

$\nu_1 = 0, \nu_2 = \frac{2\pi}{3}, \nu_3 = \frac{4\pi}{3}$. This particular embodiment results in three opportunistic beams that each rotates with frequency f_{rot} . In general, these phase offsets need not be uniformly distributed as described above. The offset between the beams may even be changed at a slow rate in order to optimize the system for a particular spatial distribution of users.

5

In the more general case β_k could also be a function of frequency, in particular $\beta_k(t, f) = \exp(j2\pi f_{rot}t + j2\pi\Delta f + \nu_k)$, where Δ represents delay in one antenna's signal over the other. This generalization also covers the case where the signal transmitted from one of the antennas on pipes B 108, C 110 and D 112 is simply a delayed version of the signal transmitted on the other antenna. This delay results in a frequency selective fading of the channel at the receiver. In other words, some part of the band covering pipes B 108, C 110 and D 112 has destructive interference at the receiver from the two signals and other part of the band may have constructive interference. Consequently a pipe included in the part of the band where the signals from the two antennas add constructively has better channel quality than other pipes where the signal adds destructively. By selecting the best pipe in this case the user terminal can realize beamforming gain.

In another embodiment, each of the pipes may effectively be transmitted on a subset of the available antennas. For example, in the case where there are two transmit antennas, each pipe may be transmitted using one of the antennas. This may be achieved by setting the magnitudes of (α_k, β_k) to be close to (1,0) or (0,1). The mobile terminals may perceive higher channel quality with respect to either of the antennas and thus select an appropriate pipe and report this selection to the base station. Further, this choice of pipe can vary dynamically with time as the channels with respect to the transmit antennas change.

25

The idea of the switched opportunistic beamforming paradigm is that the transmitter sends multiple offset beams on different pipes, the receiver independently measures the channel qualities of the parallel pipes and reports to the transmitter the best pipe and measurement results on that pipe. The transmitter sends traffic to the receiver on that pipe. To benefit from switched opportunistic beamforming, the receiver does not need to estimate $h_\alpha(t)$ and $h_\beta(t)$ explicitly, but is only required to measure the aggregate SNR on the pipes.

30

Having the choice of pipes B 108, C 110 and D 112 helps those users whose channel quality can be tracked at the transmitter. For users that move fast the channel quality cannot always be tracked at the base station transmitter because of delay in the feedback. These users may not benefit from the switched opportunistic beamforming scheme described above. In this situation, diversity techniques that serve to increase diversity gain by averaging across multiple, independent fading processes are suitable. Many such techniques typically only require that the channel be estimated and tracked at the receiver and no feedback to the transmitter is needed.

Pipe A 106 in Figure 1 can be optimized to serve this category of users. One space-time code that can be used in pipe A 106 to provide transmit diversity gain in accordance with the invention is the Alamouti scheme described in S.M. Alamouti, "A simple transmitter diversity scheme for wireless communications," *IEEE Journal on Selected Areas in Communication*, vol. 16, pp.1451-1458, Oct. 1998. In this technique, two transmit antennas are employed in the following manner. Assume that the pipe denoted 'A' 106 has two transmit antennas. Let the signal that is communicated over the pipe be denoted by $S(t)$ where t is assumed to be a discrete time instant. In the Alamouti scheme, two consecutive symbols are blocked off and transmitted over two time instants using the two antennas. Let $X_1(t)$ and $X_2(t)$ represent the output signals from the two antennas respectively, which may be expressed as

$$\begin{bmatrix} X_1(t) & X_1(t+1) \\ X_2(t) & X_2(t+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S(t) & -S^*(t+1) \\ S(t+1) & S^*(t) \end{bmatrix}$$

Suppose that the time-varying channel responses from the two antennas to the mobile receiver are denoted by $h_1(t)$ and $h_2(t)$ respectively (for simplicity we assume a flat channel but more general case where the channel is frequency dependent can also be handled easily). If the channel coefficients are assumed to remain constant over two symbols, which is a mild assumption, the composite signal received by the mobile receiver can be represented by

$$\begin{aligned} Y(t) &= h_1 X_1(t) + h_2 X_2(t) + W(t) \\ Y(t+1) &= h_1 X_1(t+1) + h_2 X_2(t+1) + W(t+1) \end{aligned}$$

which may be rewritten in terms of the original signal $S(t)$ as

$$\begin{bmatrix} Y(t) \\ Y(t+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_1 S(t) + h_2 S(t+1) + W(t) \\ -h_1 S^*(t+1) + h_2 S^*(t) + W(t+1) \end{bmatrix}$$

5 or alternatively,

$$\begin{bmatrix} Y(t) \\ Y^*(t+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_1 & h_2 \\ h_2^* & -h_1^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S(t) \\ S(t+1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} W(t) \\ W^*(t+1) \end{bmatrix}$$

10 If the channel responses from the two antennas are known, it is straightforward to invert the transmitter code construction and extract the transmitted signal by the following transformation:

$$\begin{bmatrix} \hat{S}(t) \\ \hat{S}(t+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_1^* & h_2 \\ -h_2 & h_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y(t) \\ Y(t+1) \end{bmatrix} = \left(|h_1|^2 + |h_2|^2 \right)^{1/2} \begin{bmatrix} S(t) \\ -S(t+1) \end{bmatrix} + noise$$

15 which results in second-order diversity over a fading channel.

In addition to the transmit diversity technique employed, frequency diversity can help to combat frequency-selective fading. For this reason, the pipe denoted 'A' 106 is located in such a manner that it is defined over two parts 106A, 106B that are separated in frequency. The transmitted data is coded jointly over the two parts 106A, 106B that comprise pipe 'A' 106. With the Alamouti scheme employed using two transmit antennas at the base station and data coded across two pipe parts separated in frequency by more than the coherence bandwidth of the wireless channel, the mobile receiver can see fourth order diversity which sufficiently compensates for the rapidly fading channel.

25

In order that the channel response from each of the transmit antennas be estimated at the mobile receiver, pipe 'A' 106 allows for two sets of pilot tones. One set is transmitted only from the first antenna while the second set is transmitted from the second antenna.

In the basic embodiment, each mobile receiver monitors its own channel characteristics in the different pipes and makes a selection. The user terminal reports this selection back to the base station along with proper channel condition feedback. For example, if the user determines that it is of low mobility, it may select the best of the opportunistic beamforming pipes B 108, C 110 or D 112 and report the aggregate SNR received on the preferred pipe. If the user is in a high mobility situation and experiences rapid fading, it indicates a choice of pipe A 106 which employs the Alamouti technique to the base station along with the channel quality on pipe A 106. The base station scheduler may choose to allocate a traffic segment to this user over the selected pipe, in which case the user is notified through the assignment channel.

The techniques illustrated in this basic embodiment are only representative of the potential of this invention. To reiterate, the invention allows for the creation of different pipes and the employment of different multiple antenna transmit techniques within those pipes in conjunction with receiver selection diversity.

There can be a number ways of generalizing the above basic embodiment. Some of the generalization schemes are discussed below.

In one scheme, the transmit techniques that are used in individual pipes are dynamically changed. In the embodiment of Figure 1, the choice of techniques in individual pipes is fixed and is known by the users served by the base station. Figure 11 shows an alternative embodiment where the technique used in a given pipe can be changed dynamically from time to time. Figure 11 is a drawing 1100 of frequency on the vertical axis 1102 vs time on the horizontal axis 1104. Available bandwidth is subdivided into physical frequency bands, A 1106, B 1108, C 1110, D 1112, and E 1114. The time domain is subdivided in slots, slot 1 1116, slot 2 1118. During time slot 1 1116, each frequency band A 1106, B 1108, C 1110, D 1112, and E 1114 represents a pipe for a low mobility user 1120, while each frequency band B 1108, C 1110, and D 1112 represents a pipe for a high mobility user 1120, while each frequency band A 1106, D 1112, E 1114 represents a pipe for a low mobility user 1122. During time slot 2 1118, each frequency band A 1106, B 1108, C 1110 represents a pipe for a low mobility user 1122. In that embodiment, the base station may broadcast the choice of the technique periodically. The two embodiments shown in Figure 1 and Figure 11 can be mixed to lead to another embodiment where some pipes use fixed techniques while others use techniques that can dynamically vary.

In another generalization scheme, the decision of which pipe to use for a given user can also be made at the base station. In this case instead of reporting the decision, the user may just report the preference of which pipe to use, and it is up to the base station to determine which pipe to actually serve the user. The user terminal may actually even report a subset of preferred pipes and the associated channel condition reports. One advantage of this embodiment is that the base station has the freedom to schedule on any of the pipes and therefore can better balance the loads among the pipes. The disadvantage may be the need to feedback more information.

In general, wireless terminals can employ a variety of mechanisms and formats to feed back their channel condition and characteristics. In one embodiment each terminal can report a list of preferred pipes when it connects with the base station. Later, the wireless terminal updates the base station when its preferred pipes change. Such updates can occur in an asynchronous manner. In an alternative embodiment, each terminal can periodically report to the base station a list of preferred pipes. In addition to the choice of the preferred pipe, the terminal also reports the channel quality estimate on the pipe (such as SNR) to the base station. The frequency of reporting the channel condition can be different from, and preferably faster than, that of reporting the preferred pipes. Moreover, the format of the channel condition reports can be different depending on the preferred pipes.

The advantages of this invention can be realized in multiuser systems that encompass a wide variety of devices. Wireless terminals that feature multiple antennas are in a position to realize MIMO channels in cooperation with the multiple transmit antennas at the base station, especially if they experience a rich multipath structure in the wireless channels. If these devices are in a position to track the channel matrix of the channel response coefficients associated with each of the transmit and receive antennas, a rich family of space-time codes can be used for data transmission. One or more of the pipes in the system can be dedicated to provide service to such devices, which would indicate their capabilities and choice of pipe to the base station through a control channel. As an extension of this concept, one pipe can be dedicated to transmit space-time codes that maximize spatial multiplexing gain for mobiles whose channel conditions support it. Another pipe can be dedicated for space-time codes where the degrees of freedom are used to provide diversity instead of high data rates for mobiles that may require it. Naturally, the

mobiles may prefer not to select a MIMO-optimized pipe if their wireless channels are unsuitable.

- 5 The invention is described in this document with a set of transmit techniques used in an illustrative manner. The invention applies equally well to other multiple-antenna transmit techniques which may be used in independent pipes as described in this document.

 Thus far, the total power available on each pipe has not been considered. Different
embodiments of this invention could choose the total transmit power in different ways. One
10 straightforward choice would result in the total transmit power per degree of freedom being the same in each of the parallel pipes. Alternatively, the transmit powers can be different on different pipes as illustrated in Figure 12. This illustration is an embodiment of this invention where two adjoining base stations choose the transmit powers in such a manner that the cell boundaries are likely to be different for different pipes. Figure 12 includes a graph 1200
15 corresponding to base station 1 and a graph 1250 corresponding to base station 2. Graph 1200 includes a vertical axis 1202 representing frequency and a horizontal axis 1204 representing base station 1 transmit power level. Block 1206 represents the base station 1 transmit power for pipe A; block 1208 represents base station 1 transmit power for pipe B; block 1210 represents base station 1 transmit power for pipe C. Graph 1250 includes a vertical axis 1252 representing
20 frequency and a horizontal axis 1254 representing base station 2 transmit power level. Block 1256 represents the base station 2 transmit power for pipe A; block 1258 represents base station 2 transmit power for pipe B; block 1260 represents base station 2 transmit power for pipe C. With regard to A pipes, block 1206 represents a high power level, while block 1256 represents an intermediate power level. With regard to B pipes, block 1208 represents an intermediate
25 power level, while block 1258 represents a low power level. With regard to pipe C, block 1210 represents a low power level, while block 1260 represents a high power level. Thus, a wireless terminal is likely to not be at a cell boundary on each of the pipes simultaneously. This improves the capacity of the system. This power allocation is not necessarily static either. The total transmit power can be varied at a slow rate for each of the parallel pipes. Power allocation also
30 becomes important when a traffic segment is transmitted across multiple pipes. The base station can allocate power differently across the pipes in accordance with the respective channel conditions on the pipes with respect to the wireless terminal receiving the segment.

Figure 13 illustrates an exemplary communications system 10 implemented in accordance with the invention. In the system 10, multiple mobile terminals, shown as mobile nodes MN 1 (14) through MN N (16) communicate with the base station 12 through the use of communication signals 13, 15. Each mobile terminal may correspond to a different mobile user and are therefore sometimes referred to as user terminals. The signals 13, 15 may be, e.g., OFDM signals. The signals 13, 15 may be transmitted using one or more pipes between an MN and the base station 12. The base station 12 and mobile stations 14, 15 each implement the method of the present invention. Thus, signals 13, 15 include various signals of the types discussed above, which are transmitted in accordance with the invention.

Fig. 14 illustrates an exemplary access router, e.g., base station 12, implemented in accordance with the invention. The base station 12 includes antennas 1403, 1405, 1407 and receiver transmitter circuitry 1402, 1404. Multiple, e.g., two or more, transmit antennas 1405, 1407 are used to facilitate beam forming and multiple transmit pipes with different characteristics, to each pipe. The receiver circuitry 1402 includes a decoder 1433 while the transmitter circuitry 1404 includes an encoder 1435. The circuitry 1402, 1404 is coupled by a bus 1430 to an I/O interface 1408, processor (e.g., CPU) 1406 and memory 1410. The I/O interface 1408 couples the base station 12 to the Internet and to other network nodes. The memory 1410 includes routines, which when executed by the processor 1406, cause the base station 12 to operate in accordance with the invention. Memory includes communications routines 1423 used for controlling the base station 12 to perform various communications operations and implement various communications protocols. The memory 1410 also includes a base station control routine 1425 used to control the base station 12 to implement the steps of the method of the present invention described above in the sections which discuss, e.g., a base station or an access router, operation and signaling. The base station control routine 1425 includes a scheduling module 1426 used to control transmission scheduling and/or communication resource allocation. Transmission scheduling is based in various embodiments, on information about channel characteristics on different pipes received from one or more mobile nodes. Thus, module 1426 may serve as a scheduler. Memory 1410 also includes information used by communications routines 1423, and control routine 1425. The information 1412 includes an entry for each active mobile station user 1413, 1413' which lists the active sessions being conducted by the user and includes information identifying the mobile station (MT) being used by a user to conduct the sessions.

Figure 15 illustrates an exemplary mobile node 14 implemented in accordance with the present invention. The mobile node 14 may be used as a mobile terminal (MT). The mobile node 14 includes receiver and transmitter antennas 1503, 1505, 1507 which are coupled to receiver and transmitter circuitry 1502, 1504 respectively. Multiple transmitter antennas 1505, 1507 are used to support beamforming and multiple transmit pipes to a BS with different characteristics. The receiver circuitry 1502 includes a decoder 1533 while the transmitter circuitry 1504 includes an encoder 1535. The receiver transmitter circuits 1502, 1504 are coupled by a bus 1509 to a memory 1510. Processor 1506, under control of one or more routines stored in memory 1510 causes the mobile node to operate in accordance with the methods of the present invention as described above. In order to control mobile node operation memory includes communications routine 1523, and mobile node control routine 1525. The mobile node control routine 1525 is responsible for insuring that the mobile node operates in accordance with the methods of the present invention and performs the steps described above in regard to mobile node operations. The memory 1510 also includes user/device/session /resource information 1512 which may be accessed and used to implement the methods of the present invention and/or data structures used to implement the invention.

Figure 16 is an illustration of an exemplary wireless communications system 1600, implemented in accordance with the present invention. Exemplary wireless communications system 1600 includes a plurality of base stations (BSs): base station 1 1602, base station M 1614. Cell 1 1604 is the wireless coverage area for base station 1 1602. BS 1 1602 communicates with a plurality of wireless terminals (WTs): WT(1) 1606, WT(N) 1608 located within cell 1 1604. WT(1) 1606, WT(N) 1608 are coupled to BS 1 1602 via wireless links 1610, 1612, respectively. Similarly, Cell M 1616 is the wireless coverage area for base station M 1614. BS M 1614 communicates with a plurality of wireless terminals (WTs): WT(1') 1618, WT(N') 1620 located within cell M 1616. WT(1') 1618, WT(N') 1620 are coupled to BS M 1614 via wireless links 1622, 1624, respectively. WTs (1606, 1608, 1618, 1620) may be mobile and/or stationary wireless communication devices. Mobile WTs, sometimes referred to as mobile nodes (MNs), may move throughout the system 1600 and may communicate with the base station corresponding to the cell in which they are located. Region 1634 is a boundary region between cell 1 1604 and cell M 1616.

Network node 1626 is coupled to BS 1 1602 and BS M 1614 via network links 1628, 1630, respectively. Network node 1626 is also coupled to other network nodes / Internet via network link 1632. Network links 1628, 1630, 1632 may be, e.g., fiber optic links. Network node 1626, e.g., a router node, provides connectivity for WTs, e.g., WT(1) 1606 to other nodes, e.g., other base stations, AAA server nodes, home agent nodes, communication peers, e.g., WT(N'), 1620, etc., located outside its currently located cell, e.g., cell 1 1604.

Figure 17 illustrates an exemplary base station 1700, implemented in accordance with the present invention. Exemplary BS 1700 may be a more detailed representation of any of the BSs, BS 1 1602, BS M 1614 of Figure 16. BS 1700 includes a receiver 1702, a transmitter 1704, a processor, e.g., CPU, 1706, an I/O interface 1708, I/O devices 1710, and a memory 1712 coupled together via a bus 1714 over which the various elements may interchange data and information. In addition, the base station 1700 includes a receiver antenna 1 1715 which is coupled to the receiver 1702. In some embodiments, e.g., a MIMO embodiment, base station 1700 includes additional receiver antenna(s), receiver antenna n 1717 coupled to receiver 1702. The base station 1700, as shown in Figure 3, also includes multiple transmitter antennas, (antenna 1 1718, antenna n 1722) coupled to transmitter 1704. Transmitter antennas 1718, 1722 are used for transmitting information, e.g., downlink traffic channel information, independent pilot signals on each pipe, and/or assignment information from BS 1700 to WTs 1800 (see Figure 18) while receiver antenna(s) 1715, 1717 is used for receiving information, e.g., channel condition feedback information, pipe selection information, and/or pipe control information, as well as data, from WTs 1800.

The memory 1712 includes routines 1724 and data/information 1726. The processor 1706 executes the routines 1724 and uses the data/information 1726 stored in memory 1712 to control the overall operation of the base station 1700 and implement the methods of the present invention. I/O devices 1710, e.g., displays, printers, keyboards, etc., display system information to a base station administrator and receive control and/or management input from the administrator. I/O interface 1708 couples the base station 1700 to a computer network, other network nodes, other base stations 1700, and/or the Internet. Thus, via I/O interface 1708 base stations 1700 may exchange customer information and other data as well as synchronize the transmission of signals to WTs 1700 if desired. In addition I/O interface 1708 provides a high

speed connection to the Internet allowing WT 1800 users to receive and/or transmit information over the Internet via the base station 1700.

5 Receiver 1702 includes a decoder 1703. Receiver 1702 uses decoder 1703 to processes signals received via receiver antenna(s) 1715, 1717 and extracts from the received signals the information content included therein. The extracted information, e.g., data, channel condition feedback information for each pipe, pipe selection, and/or pipe control information, is communicated to the processor 1706 and stored in memory 1712 via bus 1714.

10 Transmitter 1704 includes an encoder 1705 which encodes data/information, e.g., blocks of downlink traffic channel data/information, prior to transmission. Transmitter 1704 transmits information, e.g., data, assignment information, and/or pilot signals on each pipe to WTs 1800 via multiple antennas, e.g., antennas 1718, 1722. Transmitter 1704 includes a plurality of phase/amplitude control modules, phase/amplitude control module 1 1716, phase/amplitude control module n 1720. In the illustrated example of Figure 17, a separate phase/amplitude control module, (1716, 1720) is associated with each of the transmit antennas (1718, 1722), respectively. The antennas 1718, 1722 at the BS 1700 are spaced far enough apart so that the signals from the antennas 1718, 1722 go through statistically independent paths, and thus the channels the signals go through are independent of each other. The distance between antennas 1718, 1722 is a function of the angle spread of the WTs 1800, the frequency of transmission, scattering environment, etc. In general, half a wavelength separation between antennas, based on the transmission frequency, is usually the sufficient minimum separation distance between antennas, in accordance with the invention. Accordingly, in various embodiments, antennas 1718, 1722 are separated by one half a wavelength or more, where a wavelength is determined by the carrier frequency f_k of the signal being transmitted.

20 The phase and amplitude control modules 1716, 1720 perform signal modulation and control the phase and/or amplitude of the signal to be transmitted under control of the processor 1706. Phase/amplitude control modules 1716, 1720 introduce amplitude and/or phase variations into at least one of a plurality, e.g., two, signals being transmitted to a WT 1800 to thereby create a variation, e.g., an amplitude variation over time, in the composite signal received by the WT 1800 to which information is transmitted from multiple antennas 1718, 1722. The control modules 1716, 1720 are also capable of varying the data transmission rate, under control of the

processor 1706, as a function of channel conditions and/or channel selection in accordance with the present invention. In some embodiments, phase/amplitude control modules 1716, 1720 change phase and/or amplitude by changing coefficients.

5 As mentioned above, the processor 1706 controls the operation of the base station 1700 under direction of routines 1724 stored in memory 1712. Routines 1724 include communications routines 1728, and base station control routines 1730. The base station control routines 1730 include a transmit scheduler module 1732, a pilot signals generation and transmission module 1734, a WT channel pipe selection/channel quality report processing
10 module 1736, a switched opportunistic beamforming module 1738, a Alamouti control module 1740, a pipe power allocation module 1742, and a pipe control modification module 1744.

 Data/Information 1726 includes segment data/information 1746, a plurality of wireless terminal (WT) data/information 1748, and pipe information 1752. WT data/information 1748
15 includes WT 1 information 1749 and WT N information 1750. Each WT information set, e.g., WT 1 information 1749 includes data 1758, terminal ID information 1760, high/low mobility user classification information 1762, pipe selection/channel condition information 1764, pipe control information from WT 1766, assigned pipe information 1768, and assigned segment information 1770.

20

 Segment data/information 1746 includes data, e.g., user data, intended to be transmitted on downlink traffic segments to WTs 1800, located within the cell of BS 1700, and user data received on uplink traffic segments from WTs 1800. Data 1758 includes user data associated with WT 1, e.g., data received from WT 1 intended to be forwarded to a communication peer,
25 e.g., WT N, and data received from a peer of WT 1, e.g., WT N, intended to be forwarded to WT 1. Terminal ID information 1760 includes a current base station assigned identity for WT 1. High/low mobility user classification information 1762 includes a classification of WT 1 as a high or low mobility user. In some embodiments, pipes, e.g., communication channels and/or segments may be divided and assigned by categories corresponding to a user's mobility
30 classification. Pipe selection/channel condition information 1764 includes information from a WT feedback report indicating the WT's selected pipe(s), e.g., communication channel(s), and corresponding channel quality information, e.g., SNR, SIR, fading information, etc. Pipe control information from WT 1766 includes information from the WT 1800 instructing the BS 1700 to

- alter the selected pipe based on WT preferences. Assigned pipe information 1768 includes information identifying the specific pipe from a plurality of pipes which BS 1700 has assigned to WT 1800, e.g., for downlink traffic. Assigned pipe information 1768 also includes characteristics of the pipe, e.g., bandwidth, tones, data rate, modulation scheme, and/or any
- 5 unique characteristic of the pipe incorporated due to the pipe control information communicated by the WT. Assigned segment information 1770 includes information identifying the segments assigned to the WT, e.g., the segments in the assigned pipe. In some embodiments, the WT shall request and be assigned specific segments, e.g., for downlink traffic channel information.
- 10 Pipe information 1752 includes a plurality of pipe information, pipe 1 information 1754, pipe N information 1756. Each pipe information set, e.g., pipe 1 information 1754 includes transmission technique information 1772, tone information 1774, pilot information 1776, and antenna information 1778. Transmission technique information includes information pertaining to the type of transmission technique(s) and/or technology selected for the pipe, e.g., OFDM,
- 15 CDMA, an opportunistic beamforming technique, an Alamouti technique, etc. Tone information 1774 includes the bandwidth and/or set of tones allocated to the pipe as well as any tone hopping information relevant to the pipe. Pilot information 1776 includes information defining pilot signals to be generated for the pipe. By having independent pilot signals transmitted for each pipe, the WT can measure and estimate the channel quality for each pipe. Antenna information
- 20 1778 includes information indicating which corresponding antennas 1718, 1722 should be used for which signals components transmitted for the pipe.

- Communications routines 1728 control the transmission and reception of data by transmitter 1704 and receiver 1702, respectively. Communications routines 1728 also
- 25 implement various communications protocols used by BS 1700. Communications routines 1728 are also responsible for controlling the display and/or audio presentation of received information via I/O devices 1710.

- Base station control routines 1730 control the operation of the base station 1700 and
- 30 implement the methods of the present invention. Scheduler module 1732 schedules users, e.g., WTs to segments, e.g., downlink traffic segments, on assigned pipes, e.g., in response to selected pipe requests from the WTs. Pilot signals generation and transmission module 1734 generates and transmits pilot signals for each of the potential downlink pipes which may be

assigned, thus allowing WTs to measure and evaluate independent channel estimates for each potential pipe. WT channel pipe selection/channel quality report processing module 1736 receives WT feedback reports including the WT's selected (preferred) pipe and associated channel quality report information, e.g., SNR, SIR, fading information. In some embodiments, the BS 1700 may receive information on a list of pipes that are acceptable to the WT. In some embodiments, the WTs may indicate specific requested segments for transmission. Module 1736 processes the received feedback information and makes decisions regarding pipe assignment between the various WTs requesting resources. The assignment decisions may be conveyed to the WTs in assignments segments. The switched opportunistic beamforming module 1738 is used in controlling the transmitter to perform opportunistic beamforming in designated pipes. Alamouti control module 1740 is used to control the transmitter perform Alamouti diversity techniques on designated pipes. Pipe power allocation routine 1742 is used to control the power levels assigned to each pipe. Pipe control modification module 1744 uses pipe control information from WT 1766, to alter pipes for specific wireless terminals, e.g., to customize a pipe based on the WT preferences communicated in information 1766.

Figure 18 illustrates an exemplary wireless terminal 1800, implemented in accordance with the present invention. Exemplary wireless terminal 1800 may be a more detailed representation of any of the WTs 1606, 1608, 1618, 1620 of exemplary system wireless communication system 1600 of Figure 16. WT 1800 includes a receiver 1802, a transmitter 1804, I/O devices 1806, a processor, e.g., a CPU, 1808, and a memory 1810 coupled together via bus 1812 over which the various elements may interchange data and information. Receiver 1802 is coupled to antenna 1814. In some embodiments, e.g., MIMO embodiments, the receiver is coupled to additional antenna(s), antenna N 1815. Transmitter 1804 is coupled to antenna 1816. In some embodiments, e.g., using multiple uplink parallel pipes, multiple additional antenna(s), antenna N 1817, may be coupled to transmitter 1804. In some embodiments, a single antenna may be used in place of the two individual antennas 1814 and 1816.

Receiver 1802 includes a decoder 1803. Downlink signals transmitted from BS 1700 are received through antenna 1814 and/or 1815 and processed by receiver 1802 including decoding by decoder 1803 and recovery of user data. Transmitter 1804 includes an encoder 1805, which encodes user information prior to transmission. Transmitter 1804 transmits uplink signals through antenna 1816 and/or 1817 to BS 1700. Uplink signals include uplink traffic channel

data/information, a selected downlink pipe, downlink pipe feedback channel estimation information for the associated selected pipe and/or for alternate pipes, and/or control information including instructions to the BS 1700 to alter the selected pipe or to form a pipe, e.g., through reallocation of resources, based on WT preferences, in accordance with the invention. I/O devices 1806 include user interface devices such as, e.g., microphones, speakers, video cameras, video displays, keyboard, printers, data terminal displays, etc. I/O devices 1806 may be used to interface with the operator of WT 1800, e.g., to allow the operator to enter user data, voice, and/or video directed to a peer node and allow the operator to view user data, voice, and/or video communicated from a peer node, e.g., another WT 1800.

10

Memory 1810 includes routines 1818 and data/information 1820. Processor 1806 executes the routines 1818 and uses the data/information 1820 in memory 1810 to control the basic operation of the WT 1800 and to implement the methods of the present invention. Routines 1818 include communications routine 1822 and WT control routines 1824. WT control routines 1824 include a channel condition measurement module 1826, a pipe selection module 1828, a pipe selection/segment selection/ channel condition reporting module 1830, and a pipe control information selection and reporting module 1832.

15

Data/Information 1820 includes segment data/information 1834, base station information 1836, and user information 1838. Segment data/information 1834 includes user data, e.g., data/information to be transmitted to BS 1700 intended for a peer node in a communication session with WT 1800, downlink channel feedback information on the pipes, a selected downlink pipe(s), and/or selected pipe control information.

20

Base station information 1836 includes a plurality of sets of information, base station 1 information 1840, base station N information 1842. Base station information 1836 includes information specific to each base station, e.g., slope values that may be used in hopping sequences, carrier frequencies used by different base stations, modulation methods used by different base stations, beamforming variations that are base station dependent, division of available air link resources into pipes, e.g., channels, technologies used by different pipes. BS 1 info 1840 includes base station identification information 1844, and a plurality of base station pipe information sets, pipe 1 information 1846, pipe N information 1848. Pipe 1 information 1846 includes transmission technique information 1850, tone information 1852, pilot

25

30

information 1854, and antenna information 1856. Base station ID information, e.g., a value of slope in an tone hopping sequence assigned to a particular BS 1700 in an OFDM system, allows the WT 1800 to identify the particular BS 1700 to which it is communicating. Transmission technique information 1850 includes information pertaining to the type of transmission technique(s) and/or technology for the pipe, e.g., OFDM, CDMA, an opportunistic beamforming technique, an Alamouti technique, etc. Tone information 1852 includes the bandwidth and/or set of tones allocated to the pipe as well as any tone hopping information relevant to the pipe. Pilot information 1854 includes information defining pilot signals to be received for the pipe. By having BS 1700 transmit pilot signals for each pipe, the WT 1800 can measure and estimate the channel quality independently for each pipe. Antenna information 1856 includes information indicating which corresponding antennas 1814, 1815 should be used for which signals components received for the pipe.

User information 1838 includes base station identification information 1858, terminal ID information 1860, assigned channel information 1862, high/low mobility user classification information 1864, a plurality of pipe measurement/channel quality estimation information (pipe 1 measurement/channel quality estimate information 1866, pipe N measurement/channel quality estimate information 1868), selected pipe/segment information 1870, selected pipe/selected segment/channel quality report information 1872, and selected pipe control information 1874.

User information 1838 includes information being currently used by WT 1800. Base station ID information 1858 includes identification information of the base station in whose cell WT 1800 is currently located, e.g., a value of slope used in a hopping sequence. Terminal ID information 1860 is a base station assigned ID used for current identification of WT 1800 by the BS 1700 in whose cell WT 1800 is located.

Assigned channel information 1862 includes downlink channel(s) assigned by the BS 1700 for the WT 1800 to expect user data to be transmitted on. Assigned channel information 1862 includes information identifying the specific pipe from a plurality of pipes which BS 1700 has assigned to WT 1800, e.g., for downlink traffic. Assigned channel information 1800 also includes characteristics of the pipe, e.g., bandwidth, tones, data rate, modulation scheme, and/or any unique characteristic of the pipe incorporated due to the pipe control information

communicated by the WT 1800. Assigned channel information 1862 also includes information identifying the segments assigned to the WT 1800, e.g., the segments in the assigned pipe.

High/low mobility user classification information 1864 includes a classification of WT 1800 as a high or low mobility user. In some embodiments, pipes, e.g., communication channels and/or segments may be divided and assigned by categories corresponding to a user's mobility classification. Pipe 1 measurement/channel quality estimate information 1866 includes measurement information, e.g., received pilot signal measurement information, and estimation information corresponding to pipe 1, e.g., communication channel 1. Such information 1866 includes channel quality information, e.g., SNR, SIR, fading information, etc, corresponding to pipe 1. Pipe N measurement/channel quality estimate information 1868 includes measurement and estimation information similar to information set 1866 but corresponding to pipe N, e.g., communication channel N. Selected pipe/segment information 1870 includes a WT 1800 pipe selection and/or segment selections which are communicated to BS 1700. Selected pipe/selected segment/channel quality report information 1872 includes channel quality information, e.g., information derived from information sets 1866, 1868, corresponding to the WT selected pipe designated in information 1870, that shall be included in a feedback report to BS 1700. Selected pipe control information 1874 includes control information that shall be sent from the WT 1800 to BS 1700 instructing the BS 1700 to alter the selected pipe or to form a pipe, e.g., through reallocation of resources, based on WT 1800 preferences. In some embodiments, the WT shall request and be assigned specific segments, e.g., for downlink traffic channel information.

The communications routine 1822 controls the transmission and reception of data by transmitter 1804 and receiver 1802, respectively. Communications routine 1822 also implements the various communications protocols used by the WT 1800. Communications routine 1822 is responsive to scheduling information, received from BS 1700 to insure that uplink transmission data/information is transmitted by the WT 1800 at the times authorized by the BS 1700 and that downlink transmission data/information is received by WT 1800 at the appropriate times. Communications routines 1822 are also responsible for controlling the display and/or audio presentation of received information from BS 1700 to a user via I/O devices 1806.

WT control routines 1824 control the operation of the WT 1800 and implement methods of the present invention. Channel condition measurement module 1826 measures and estimates channel conditions for a plurality of pipes, e.g., channels, obtaining pipe 1 measurement/channel quality estimate information 1866, pipe N measurement channel quality estimate information 1868.

Pipe selection module 1828 compares channel measurement and/or estimation information, e.g., pipe 1 measurement/channel quality estimate information 1866, pipe N measurement/channel quality estimate information 1868, selects a channel, e.g., the channel with the best quality estimate, and stores the selection in selected pipe/segment info 1870. In some embodiments, the pipe selection module 1828 may select more than one pipe which may be used, e.g., a subset of pipes which have a quality level sufficient to support the needs of WT 1800. In some embodiments, the pipe selection module 1828 selects specific segments, e.g., specific downlink traffic segments, that WT 1800 would like to be BS 1700 to assign WT 1800.

Pipe selection/segment selection/channel condition reporting module 1830 uses data information 1820 including the selected pipe/segment info 1870 and the corresponding measurement/quality estimate information from info 1866, 1868 to generate a selected pipe/selected segment/channel quality report 1872. The reporting module 1830 in conjunction with the communications routine 1822 controls the transmitter 1804 to transmit the report information 1872 to the BS 1700.

Pipe control information selection and reporting module 1832 uses the data/information 1820 including high/low mobility user classification information 1864, selected pipe/segment information 1870, the characteristics of the selected pipe included in pipe info 1846, 1848, and/or characteristics of the segment data/information 1834, e.g., voice, data, video, data rate, etc., to generate selected pipe control information 1874. Pipe control information selection and reporting module 1832 in conjunction with the communications routine 1822 communicates the selected pipe control information 1874 to the BS 1700. In some embodiments, selected pipe, selected pipe channel quality feedback information and selected pipe control information are communicated in the same report to the BS 1700. In some embodiments, some of the set of selected channel, channel quality information, and selected pipe control information is

communicated and used by the BS 1700, e.g., one of the three items, while the other information is not.

Figure 19 is a flowchart 1900 illustrating an exemplary communications method in accordance with the present invention. Operation starts in step 1902 where the communications system is powered on and initialized. In step 1904 a base station is operated to generate and transmit signals, e.g., pilot signals, for each of a plurality of different wireless communications channels, which the base station can use to communicate information between the base station and a wireless communications terminal, said plurality of different wireless communications channels including at least a first communications channel and a second communications channel, the first and the second communications channels having different quality characteristics which are a function of first and second transmission technologies used to establish said communications channels, said first and second technologies being different. In some embodiments, the first and second technologies are different access technologies, e.g., different incompatible access technologies. In some embodiments, the different access technologies include at least two of the following technologies: CDMA, OFDM, and single carrier technology. In some embodiments, the different access technologies include frequency hopping technologies and non-frequency hopping technologies. In some embodiments, the different access technologies include different technologies defined on different technology standards which are incompatible as indicated by neither of the two standards complying to the other. Operation proceeds from step 1904 to step 1906.

In step 1906, the wireless communications terminal is operated to receive and process signals, e.g., pilot signals, for each of the plurality of different communications channels generating quality information for each of the plurality of different communications channels. Operation proceeds from step 1906 to step 1908. In step 1908, the wireless communications terminal is operated to use the generated quality information to maintain a set of communications quality information for the plurality of different wireless communications channels. Then, in step 1910, the wireless communications terminal is operated to select between the plurality of different communications channels based on the maintained set of communications quality information to thereby select the channel corresponding to the transmission technology which provides the better transmission characteristics to said wireless communication terminal. Next, in step 1912, the wireless communications terminal is operated

to communicate the channel selection to the base station. In step 1914, the wireless communications terminal is operated to communicate channel quality information, e.g., SNRs, SIRs, fading information, etc., associated with the selected channel and with alternative channel(s) to the base station. Operation proceeds from step 1914 via connecting node A 1916 to step 1918. In step 1918, the wireless communications terminal is operated to communicate channel control information associated with the selected channel to the base station, e.g., a bandwidth, a duration, a technology type, etc. In some embodiments, the information communicated in steps 1912, 1914, and 1918 is communicated together in a signal, e.g., message. In some embodiments some of the information of steps 1912, 1914, and 1918 is not communicated to the base station, e.g., the wireless communication device transmits information from one of the three steps 1912, 1914, 1918, and does not transmit information corresponding to the other two steps. Operation proceeds from step 1918 to step 1920.

In step 1920, the base station is operated to receive the communicated selected channel, the communicated channel quality information, and the communicated channel control information. Then in step 1922, the base station is operated to reallocate communications resources from one of the plurality of communications channels to a generated communications channel using a different technology as a function of the received information, e.g., selected channel, channel quality information, and/or channel control information, from the wireless communications terminal. Operation proceeds from step 1922 to step 1924. In step 1924, the base station is operated to assign the generated communications channel to the wireless communication terminal and communicate the assignment information to the wireless communications terminal. Then, in step 1926, the wireless communications terminal is operated to receive the assignment from the base station. In step 1928, the base station is operated to transmit user data/information, e.g., downlink traffic channel user data/information, on the assigned generated communications channel. Then, in step 1930, the wireless communications terminal is operated to receive and process user data/information, e.g., downlink traffic channel user data/information, on the assigned generated communications channel. Operation proceeds from step 1930 to end node 1932.

30

Figure 20 illustrates a flow chart 2000 showing the steps involved with the operation of a wireless terminal, e.g., exemplary mobile node, in accordance with the present invention. As shown in Fig. 20. The steps shown in Fig. 20 may be performed by a wireless terminal

operating under software control where the software is implemented in accordance with the present invention and executed by the wireless terminals CPU. The routine starts in step 2002 when the control software is executed, e.g., upon wireless terminal activation or power up. Operation proceeds from start step to steps 2004 and 2008 which represent the start of parallel processing paths. The motion estimation path which starts in step 2008 is optional and not employed in some embodiments.

In step 2008 the wireless terminal determines, e.g., estimates, the rate of wireless terminal motion from one or more received signals. The received signals may be GPS position information signals, signals received from the base station instructing the wireless terminal to advance or delay its clock, e.g., as part of a symbol transmission timing adjustment, power control signals or other signals. Rate of motion may also be determined by measuring a Doppler shift in a signal received from the base station. With the rate of motion determined in step 2008, operation proceeds to step 2010 where the rate of motion is examined to determine if it is a fast or slow rate of motion. Other rate determinations are also possible. From step 2010 operation proceeds to step 2012 or 2014 which involve selecting a technology to be used for communication to match the rate of motion. Step 2012 involves selection of a technology which is well suited for wireless terminals moving quickly. The method selected in step 2012 in some embodiments uses relatively little or no channel information to adjust BS antenna patterns and/or other base station transmission characteristics. The Alamoti communications method is one example of a communications technology which may be selected in step 2012 while other selections are also possible. Operation proceeds from step 2012 to step 2016.

In step 2014, which corresponds to a slow rate of motion, e.g., a rate of motion which is slower than the rate threshold value used in step 2010, a technology which is well suited for a slow moving or stationary wireless terminal is selected. The selected transmission or access technology selected in step 2012 uses channel feedback information from the mobile to adjust the antenna patterns and/or other transmission characteristics. The technology will, in many cases, involve the use of a higher channel feedback rate than is used for the technology which will be selected in step 2012. Thus, in accordance with the present invention, the selected technology in the case of a slow moving mobile may, and often does, involve more channel condition feedback information, e.g., SNR or SIR reports, to the base station than are provided

by the wireless terminal in the case of a fast moving wireless terminal where the channel conditions change rapidly. Operation proceeds from step 2014 to step 2016.

In the processing path starting with step 2004, channel quality estimates are generated for multiple channels, e.g., channels corresponding to different and often incompatible communications technologies. In step 2004 channel quality estimates are generated for at least 2 channels corresponding to different communications technologies. Then, in step 2006 the channel quality information maintained in the wireless terminals memory for each of a plurality of different channels corresponding to different communications technologies is updated with at least the information generated in step 2004. Operation proceeds from step 2006 to step 2016.

In step 2016 the communications channel which the wireless terminal would prefer to use is selected based on the channel quality information, for example, the communications channel having the best channel quality is selected. This selection may be subject of the technology selection made in step 20012, 20014 and may therefore be based on the wireless terminal's rate of motion. In some embodiments motion rate information is not used in step 2016 in which case the wireless terminal will simply select the best channel as indicated by the sets of channel quality information maintained for each of the plurality of channels which are supported by the base station.

Operation proceeds from channel selection step 2016 to communication step 2018. Selection step 2016 may be skipped, e.g., omitted, in embodiments where the base station is responsible for channel selection. In such embodiments operation would proceed directly from steps 2006, and/or 20012, 2014 to step 2018. In step 2018 the wireless terminal communications a channel selection if a channel selection was made. The signal indicating a selected channel was generated from information indicating the channel quality of at least two different channels as a result of the selection process performed in step 2016. In addition and/or as an alternative to indicating a channel selection, the wireless terminal may generate and transmit to the base station one or more signals providing channel quality information for multiple channels, e.g., at least two channels corresponding to different technologies, and/or technology selection information, e.g., information indicating a selected transmission technology. In response to such signals the base station will normally assign one or more segment of a selected channel to the wireless terminal and/or make a channel selection based on

the received information. The base station may, and in some embodiments does, create a channel corresponding to the selected technology and/or reallocate resources from a different channel to a channel corresponding to the selected technology and/or selected channel. The resources which are reallocated in response to wireless terminal signals will normally come from a channel implemented using a technology which the wireless terminal has not selected. In this manner additional channel capacity may be dynamically established in response to a wireless terminals selection or need to use a channel implemented using a particular technology. In step 2018 the wireless terminal may also signal to the base station the amount of data it seeks to send on a channel corresponding to a particular technology and/or the period of time it seeks to use a channel corresponding to a particular technology.

Operation proceeds from communication/signal transmission step 2018 to step 2020 in which the wireless terminal switches to the selected channel if it is different from a previously selected channel. If the technology used in the selected communications channel is different from the previously used channel, the wireless terminal changes the processing of received signals and/or one or more physical reception characteristics such as the number of antennas used to receive signals communicated in the channel as may be necessary to receive and process signals in accordance with the technology used to implement the selected channel. Wireless terminal operation while in an on-state occurs on an ongoing basis with operation proceeding from step 2020 to steps 1004 and/or 2008. In this manner, the channels will be periodically evaluated and a different channel corresponding to a different technology may be selected as the wireless terminals conditions and/or rate of movement vary.

Figure 21 illustrates the steps of a method 2100 preformed by a base station in one exemplary embodiment. The method begins in step 2102. Operation proceeds from step 2102 to step 2103. In step 2103, the base station receives at least one signal from a wireless terminal. The signal may be a channel selection signal indicating a selected wireless terminal channel selection and request for an assignment of segments in the selected channel. It might also be a signal indicating the quality of multiple different channels as measured by the wireless terminal indicating a request for the BS to select a channel for the wireless terminal and assign segment to the wireless terminal from the selected channel. Step 2103 is preformed on an ongoing bases with operation proceeding from step 2103 as signals are received. Once a signal is received from wireless terminal relating to a channel selection and/or assignment request, operation

proceeds to steps 2108 and 2120. Step 2108 represents the start of a processing path which is responsible for mobile node motion detection and for selecting a transmission technology suitable for the wireless terminals determined rate of motion. Steps 2108, 2110, 2112, 2114 and channel selection step 2116 are similar to those steps 2008, 2010, 2012, 2014 and channel selection step 2016 previously described with regard to Fig. 20 but they occur in the base station instead of the wireless terminal. Accordingly, these steps will not be described in detail for the sake of brevity.

In step 2120 a determination is made if the received signal indicates a selected channel, e.g., a channel corresponding to a particular transmission technology. If the signal does not indicate a selected channel, a operation proceeds to step 2116 where channel is selected, e.g., based on channel quality information in the received signal. Operation proceeds from 2120 in the case where the signal indicates a selected channel or from step 2116 where the base station selects the channel to step 2122. In step 2122, a determination is made as to whether there are sufficient channel resources, e.g., available segments in the selected channel, to satisfy the request for the selected channel. If there are sufficient channel segments available in a channel implemented with the technology corresponding to the requested channel type, operation proceeds to step 2128. Otherwise operation proceeds from step 2122 to step 2124.

In step 2124 the base station reallocates communications resources to create and/or enlarge a channel corresponding to the technology of the selected channel in order to satisfy the wireless terminals request for a channel implemented with a specific technology. Operation then proceeds to step 2128. In step 2128, the base station allocates segments in a channel implemented using the technology corresponding to the selected channel. Thus, the selected channel may be a channel created, e.g., in response to a wireless terminal's selection of a channel corresponding to a particular technology, or a pre-existing channel.

Processing of signals from wireless terminals and channel segment allocation and reallocations of channel resource occur on an ongoing basis, e.g., while the base station is in operation.

Numerous various on the method of the present invention are possible. Different implementations can be achieved by using different combinations of steps and/or performing different processing or selection operations in a particular step.

- 5 A first exemplary communications method which will now be described includes a combination which involves performing the following step:
- operating a wireless communications terminal to maintain a set of communications quality information for a plurality of different wireless communications channels which can be used to communicate information between a base station and said wireless communications
- 10 terminal, said plurality of different wireless communications channels including at least a first communications channel and a second communications channel, the first and second communications channels having different quality characteristics which are a function of first and second transmission technologies used to establish said first and second communications channels, respectively, said first and second transmission technologies being different;
- 15 operating the wireless terminal to generate a signal as a function of the maintained communications channel quality information corresponding to at least said first and said second communications channels; and
- transmitting said signal to said base station.

- 20 In the first exemplary embodiment noted above, said signal may provide information on the quality of at least said first and said second communications channel. The first exemplary method may further include the step of operating the base station to select between multiple ones of said plurality of communications channels to use to communicate information to said wireless communications terminal as a function of the channel quality information included in said
- 25 signal. Said first and second technologies used to implement the first exemplary method may be, and sometimes are, different incompatible access technologies. The different access technologies supported by a base station implementing the method may and sometimes do include CDMA, OFDM, and narrowband signal carrier technologies. In some embodiments each of the different access technologies corresponds to a different technology standard which defines
- 30 requirements for complying with the particular access technology, said different access technologies being incompatible as indicated by the technology standard corresponding to one of said different access technologies defining communications requirements which violate the defined requirements of the other different access technologies.

In some embodiments of the first exemplary method at least one of the base station and the wireless terminal includes multiple antennas while the method further includes the steps of: making a measurement indicative of a rate of motion of said wireless terminal and operating one of the base station and mobile to select a communications channel for use in communicating to said wireless terminal as a function of the measurement indicative of the rate of motion of said mobile node. Either the wireless terminal or the base station may make the measurement indicative of the rate of motion of the wireless terminal depending on the particular implementation.

In some embodiments of the first method, the step of operating one of the base station and mobile to select a communications channel includes operating said one to perform the steps of: selecting the first communications technology when said measurement indicates a first rate of wireless terminal movement, said first communications technology providing a first amount of frequency diversity to the wireless terminal; and selecting a communications channel corresponding to the second communications technology when said measurement indicates a second rate of wireless terminal movement, the second communications technology using antenna beam forming as a function of feedback information received from the wireless terminal, said second rate of wireless terminal movement being slower than said first rate of wireless terminal movement. In various embodiments of the first exemplary method which involve making a measurement indicative of a rate of motion of said wireless terminal the step of making a measurement may include making a measurement of a Doppler shift in a signal transmitted between said base station and said wireless terminal. The step of making a measurement indicative of a rate of motion of said wireless terminal may alternatively include measuring the rate of change in at least one of: timing control signals which are used to instruct the mobile to make at clock timing change; the rate at which the power in a periodically transmitted signal from the mobile node changes over with time, a rate of change in a measured quality of a communications channel, and a rate of change in a channel fading measurement. In the exemplary method, the step of operating one of the base station and mobile to select a communications channel may and sometimes does include: selecting the first communications channel corresponding to a first technology when said measurement indicates a first rate of wireless terminal movement, said first communications technology using a first amount of channel quality feedback signaling from said wireless terminal to said base station; and selecting

a communications channel corresponding to the second communications technology when said measurement indicates a second rate of wireless terminal movement, the second rate of wireless terminal movement being lower than said first rate of wireless terminal movement, the second communications technology using a second amount of channel feedback information, the second amount of channel feedback information being greater than said first amount of channel quality feedback information. In some embodiments, said first communications technology uses two fixed antennas and is a technology which used an Alamouti transmission method, said first communications technology using zero channel quality feedback signaling to said base station to control the antenna pattern used to transmit signals from said base station in particular embodiments. In some embodiments the second transmission method is a beam forming transmission method which involves forming beams as a function of channel quality feedback information received from said wireless terminal.

In some implementations of the first exemplary method both the base station and the wireless terminal include multiple antennas. In one such implementation said second transmission technology is a multiple-input, multiple-output technique.

In accordance with various embodiment of the present invention, the base station includes one or more routines in memory which operate as a channel segment scheduler and a resource allocator. The channel segment schedule assigned channel segments to wireless terminals, e.g., in response to channel selection and/or channel assignment request signals received from one or more wireless terminals. The resource allocator is responsible for allocating resources between channels corresponding to different technologies and may reassign resources from a channel corresponding to one technology to a channel corresponding to another technology, e.g., in response to channel selection signals or channel assignment requests received from one or more wireless terminals.

In some implementations of the first exemplary method the step of operating one of the base station and mobile to select a communications channel includes selecting the first communications technology when said measurement indicates a first rate of wireless terminal movement, said first communications technology providing at least one of a higher frequency diversity and a time diversity than a second communications channel and selecting the second communications channel corresponding to the second communications technology when said

measurement indicates a second rate of wireless terminal movement, the second rate of wireless terminal movement being lower than said first rate of wireless terminal movement, the second communications technology providing a high spatial diversity than is available from the first communications channel corresponding to the first communications technology.

5

In some implementations of the first method, the step of operating one of the base station and mobile to select a communications channel includes operating said one to perform the steps of: selecting a channel in said plurality of channels which provides a higher frequency or time diversity than is available from the non-selected communications channels in said plurality of channels when changes in channel conditions are occurring at a rapid rate; and selecting another channel in said plurality of channels which provides higher spatial diversity than said channel which is selected when changes in channel conditions are occurring at said rapid rate, said another channel being selected when changes in channel conditions are occurring at a slow rate, said slow rate being a rate which is slower than said rapid rate.

15

One or more of the plurality of channels used in various embodiments by a base station may be fixed, periodic and/or dynamically generated. Various combinations of channels and types of channels, e.g., fixed and dynamically created, are also possible. In some embodiments at least some of said plurality of fixed communications channels are periodic in nature with different combinations of channels existing at different points in time, the combination of channels existing at any point in time being predictable due to the periodic nature of the communications channels. In some implementations of the exemplary method, the base station periodically reallocates resources between channels corresponding to different technologies based on a predetermined schedule. In various implementations the base station reallocates resources between channels corresponding to different technologies based on signals received from one or more wireless terminals. As part of the method of the invention, the base station may create a channel corresponding to a particular technology in response to a signal indicating a request for a channel using the particular technology from a wireless terminal. The base station sometimes maintains channels created in response to signals from a wireless terminal for a period of time which is a function of at least one signal received from said wireless terminal which requested the channel.

30

In some implementations of the method of the invention the base station includes multiple antennas, a first set of wireless terminals which interact with said base station in one such embodiment includes multiple receive antennas while a second set of wireless terminals which interact with said base station each include only a single receive antenna. In such an embodiment mobile nodes including multiple receive antennas using a communications channel corresponding to a MIMO technology during some points in time with which they interact with said base station and using channels corresponding to technologies which require only a single receive antenna at different points in time when interacting with said base station. In the case where some wireless terminals include only a single receive antenna, those terminals interact with the base station using one or more channels corresponding to a technology which does not require multiple receive antennas.

In various embodiments of the first exemplary method the base station to reallocates communications resources from one of the plurality of communications channels to a communications channel using a different communications technology as a function of the signal received from said wireless terminal.

In some embodiments where the generated signal transmitted to the base station by the wireless terminal indicates the channel selection to the base station, the method includes operating the wireless terminal to select between the plurality of communications channels based on the maintained set of communications quality information to thereby select the channel corresponding to the transmission technology which provides the better transmission characteristics to said wireless communications terminal. In some implementations of the first exemplary method, the base station operates to alter the use of communications resources to increase the amount of resources used to generate a communications channel using the technology corresponding to a communications channel selected by the wireless terminal.

While described primarily in the context of an OFDM system, the methods and apparatus of the present invention, are applicable to a wide range of communications systems including many non-OFDM and/or non-cellular systems.

In various embodiments nodes described herein are implemented using one or more modules to perform the steps corresponding to one or more methods of the present invention, for

example, signal processing, message generation and/or transmission steps. Thus, in some embodiments various features of the present invention are implemented using modules. Such modules may be implemented using software, hardware or a combination of software and hardware. Many of the above described methods or method steps can be implemented using

5 machine executable instructions, such as software, included in a machine readable medium such as a memory device, e.g., RAM, floppy disk, etc. to control a machine, e.g., general purpose computer with or without additional hardware, to implement all or portions of the above described methods, e.g., in one or more nodes. Accordingly, among other things, the present invention is directed to a machine-readable medium including machine executable instructions

10 for causing a machine, e.g., processor and associated hardware, to perform one or more of the steps of the above-described method(s).

Numerous additional variations on the methods and apparatus of the present invention described above will be apparent to those skilled in the art in view of the above description of

15 the invention. Such variations are to be considered within the scope of the invention. The methods and apparatus of the present invention may be, and in various embodiments are, used with CDMA, orthogonal frequency division multiplexing (OFDM), and/or various other types of communications techniques which may be used to provide wireless communications links between access nodes and mobile nodes. In some embodiments the access nodes are

20 implemented as base stations which establish communications links with mobile nodes using OFDM and/or CDMA. In various embodiments the mobile nodes are implemented as notebook computers, personal data assistants (PDAs), or other portable devices including receiver/transmitter circuits and logic and/or routines, for implementing the methods of the present invention.

WHAT IS CLAIMED IS:

- 1 1. A communications method, the method comprising the steps of:
2 operating a wireless communications terminal to maintain a set of communications
3 quality information for a plurality of different wireless communications channels which can be
4 used to communicate information between a base station and said wireless communications
5 terminal, said plurality of different wireless communications channels including at least a first
6 communications channel and a second communications channel, the first and second
7 communications channels having different quality characteristics which are a function of first
8 and second transmission technologies used to establish said first and second communications
9 channels, respectively, said first and second transmission technologies being different;
10 operating the wireless terminal to generate a signal as a function of the maintained
11 communications channel quality information corresponding to at least said first and said second
12 communications channels; and
13 transmitting said signal to said base station.
- 1 2. The method of claim 1, wherein said signal provides information on the quality of at
2 least said first and said second communications channel.
- 1 3. The method of claim 2, further comprising:
2 operating the base station to select between multiple ones of said plurality of
3 communications channels to use to communicate information to said wireless communications
4 terminal as a function of the channel quality information included in said signal.
- 1 4. The method of claim 1,
2 wherein said first and second technologies are different incompatible access
3 technologies.
- 1 5. The method of claim 4, where the different access technologies include CDMA, OFDM,
2 and narrowband signal carrier technologies.
- 1 6. The method of claim 4, where each of the different access technologies corresponds to a
2 different technology standard which defines requirements for complying with the particular

3 access technology, said different access technologies being incompatible as indicated by the
4 technology standard corresponding to one of said different access technologies defining
5 communications requirements which violate the defined requirements of the other different
6 access technologies.

1 7. The method of claim 1, wherein at least one of the base station and the wireless terminal
2 include multiple antennas, the method further comprising:
3 making a measurement indicative of a rate of motion of said wireless terminal;
4 operating one of the base station and wireless terminal to select a communications
5 channel for use in communicating to said wireless terminal as a function of the measurement
6 indicative of the rate of motion of said wireless terminal.

1 8. The method of claim 7, wherein the step of operating one of the base station and wireless
2 terminal to select a communications channel includes:
3 selecting the first communications technology when said measurement indicates a first
4 rate of wireless terminal movement, said first communications technology providing a first
5 amount of frequency diversity to the wireless terminal; and
6 selecting a communications channel corresponding to the second communications
7 technology when said measurement indicates a second rate of wireless terminal movement, the
8 second communications technology using antenna beam forming as a function of feedback
9 information received from the wireless terminal, said second rate of wireless terminal movement
10 being slower than said first rate of wireless terminal movement.

1 9. The method of claim 7, wherein said step of making a measurement indicative of a rate
2 of motion of said wireless terminal includes making a measurement of a Doppler shift in a signal
3 transmitted between said base station and said wireless terminal.

1 10. The method of claim 7, wherein said wherein said step of making a measurement
2 indicative of a rate of motion of said wireless terminal includes measuring the rate of change in
3 at least one of: timing control signals which are used to instruct the wireless terminal to make at
4 clock timing change; the rate at which the power in a periodically transmitted signal from the
5 wireless terminal changes over with time, a rate of change in a measured quality of a
6 communications channel, and a rate of change in a channel fading measurement.

1 11. The method of claim 7, wherein the step of operating one of the base station and wireless
2 terminal to select a communications channel includes:

3 selecting the first communications technology when said measurement indicates a first
4 rate of wireless terminal movement, said first communications technology using a first amount
5 of channel quality feedback signaling from said wireless terminal to said base station; and
6 selecting a communications channel corresponding to the second communications
7 technology when said measurement indicates a second rate of wireless terminal movement, the
8 second rate of wireless terminal movement being lower than said first rate of wireless terminal
9 movement, the second communications technology using a second amount of channel feedback
10 information, the second amount of channel feedback information being greater than said first
11 amount of channel quality feedback information.

1 12. The method of claim 11, wherein said first communications technology uses two fixed
2 antennas and is a technology which used an Alamouti transmission method, said first
3 communications technology using zero channel quality feedback signaling to said base station to
4 control the antenna pattern used to transmit signals from said base station.

1 13. The method of claim 11, wherein said second transmission method is a beam forming
2 transmission method which involves forming beams as a function of channel quality feedback
3 information received from said wireless terminal.

1 14. The method of claim 11, wherein both the base station and the wireless terminal include
2 multiple antennas, said second transmission technology is a multiple-input, multiple-output
3 technique.

1 15. The method of claim 7, wherein the step of operating one of the base station and wireless
2 terminal to select a communications channel includes:

3 selecting the first communications technology when said measurement indicates a first
4 rate of wireless terminal movement, said first communications technology providing at least one
5 of a higher frequency diversity and a time diversity than a second communications channel; and
6 selecting the second communications channel corresponding to the second
7 communications technology when said measurement indicates a second rate of wireless terminal
8 movement, the second rate of wireless terminal movement being lower than said first rate of

9 wireless terminal movement, the second communications technology providing a high spatial
10 diversity than is available from the first communications channel corresponding to the first
11 communications technology.

1 16. The method of claim 7, wherein the step of operating one of the base station and wireless
2 terminal to select a communications channel includes:

3 selecting a channel in said plurality of channels which provides a higher frequency or
4 time diversity than is available from the non-selected communications channels in said plurality
5 of channels when changes in channel conditions are occurring at a rapid rate; and

6 selecting another channel in said plurality of channels which provides higher spatial
7 diversity than said channel which is selected when changes in channel conditions are occurring
8 at said rapid rate, said another channel being selected when changes in channel conditions are
9 occurring at a slow rate, said slow rate being a rate which is slower than said rapid rate.

1 17. The method of claim 1, wherein said plurality of channels are fixed.

1 18. The method of claim 17, wherein at least some of said plurality of fixed communications
2 channels are periodic in nature with different combinations of channels existing at different
3 points in time, the combination of channels existing at any point in time being predictable due to
4 the periodic nature of the communications channels.

1 19. The method of claim 1, wherein the base station periodically reallocates resources
2 between channels corresponding to different technologies based on a predetermined schedule.

1 20. The method of claim 1, wherein the base station reallocates resources between channels
2 corresponding to different technologies based on signals received from one or more wireless
3 terminals.

1 21. The method of claim 20, wherein the base station creates a channel corresponding to a
2 particular technology in response to a signal indicating a request for a channel using the
3 particular technology from a wireless terminal.

1 22. The method of claim 21, wherein the base station maintains said created channel for a
2 period of time which is a function of at least one signal received from said wireless terminal
3 which requested the channel.

1 23. The method of claim 1, wherein the base station includes multiple antennas, a first set of
2 wireless terminals which interact with said base station including multiple receive antennas, a
3 second set of wireless terminals which interact with said base station including a single antenna,
4 wireless terminals including multiple receive antennas using a communications channel
5 corresponding to a MIMO technology during some points in time with which they interact with
6 said base station and using channels corresponding to technologies which require only a single
7 receive antenna at different points in time when interacting with said base station.

1 24. The method of claim 23, wherein wireless terminals which include only a single receive
2 antenna interact with said base station using one or more channels corresponding to a
3 technology which does not require multiple receive antennas.

1 25. The method of claim 1, further comprising: operating the base station to reallocate
2 communications resources from one of the plurality of communications channels to a
3 communications channel using a different communications technology as a function of the
4 signal received from said wireless terminal.

1 26. The method of claim 1, further comprising:
2 operating the wireless terminal to select between the plurality of communications
3 channels based on the maintained set of communications quality information to thereby select
4 the channel corresponding to the transmission technology which provides the better transmission
5 characteristics to said wireless communications terminal; and
6 wherein said generated signal indicates the channel selection to the base station.

1 27. The communications method of claim 1, further comprising:
2 operating the base station to alter the use of communications resources to increase the
3 amount of resources used to generate a communications channel using the technology
4 corresponding to a communications channel selected by the wireless terminal as indicated by
5 information received by the base station.

- 1 28. A wireless terminal comprising:
2 a set of communications quality information for a plurality of different wireless
3 communications channels which can be used to communicate information between a base
4 station and said wireless communications terminal, said plurality of different wireless
5 communications channels including at least a first communications channel and a second
6 communications channel, the first and second communications channels having different quality
7 characteristics which are a function of first and second transmission technologies used to
8 establish said first and second communications channels, respectively, said first and second
9 transmission technologies being different;
10 means for generating a signal as a function of the maintained communications channel
11 quality information corresponding to at least said first and said second communications
12 channels; and
13 a transmitter for transmitting said signal to said base station.
- 1 29. The wireless terminal of claim 28, wherein said signal provides information on the
2 quality of at least said first and said second communications channel.
- 1 30. The wireless terminal of claim 29,
2 wherein said wireless terminal includes a receiver capable of receiving signals
3 transmitted using said first and second technologies, said first and second technologies being
4 different incompatible access technologies.
- 1 31. The wireless terminal of claim 30, where the different access technologies include at
2 least two of CDMA, OFDM, and narrowband signal carrier technologies.
- 1 32. The wireless terminal of claim 29, wherein said wireless terminal includes a receiver
2 capable of receiving signals transmitted using said first and second technologies where each of
3 the different access technologies corresponds to a different technology standard which defines
4 requirements for complying with the particular access technology, said different access
5 technologies being incompatible as indicated by the technology standard corresponding to one
6 of said different access technologies defining communications requirements which violate the
7 defined requirements of the other different access technologies.

- 1 33. The method of claim 29, wherein said wireless terminal further comprises:
2 multiple receive antennas,
3 means for making a measurement indicative of a rate of motion of said wireless terminal;
4 and
5 means for selecting a communications channel for use in communicating to said wireless
6 terminal as a function of the measurement indicative of the rate of motion of said wireless
7 terminal.
- 1 34. A base station comprising:
2 means for transmitting signals corresponding to a plurality of different communications
3 channels in parallel, at least two of said communications channels corresponding to different
4 access technologies;
5 means for receiving a signal from a wireless terminal which was generated as a function
6 of signal quality information corresponding to at least two different communications channels,
7 said two different communication channels corresponding to different communications
8 technologies; and
9 a channel segment allocator for allocating channels segments to said wireless terminal as
10 a function of the received signal.
- 1 35. The base station of claim 34, further comprising:
2 a resource allocation controller for controlling the allocation of resources to
3 communications channels in response to signals received from wireless terminals indicating the
4 selection of a channel corresponding to a particular technology.
- 1 36. The base station of claim 35, wherein said resource allocation controller is responsive to
2 channel request information to create a communications channel using a technology selected by
3 a wireless terminal.
- 1 37. The base station of claim of claim 35, wherein said resource allocation controller
2 reallocates resources from a communications channel implemented using a first technology to a
3 communications channel using a second technology when the demand for a communications
4 channel using the second technology increases, said first and second communications
5 technologies being different.

- 1 38. The base station of claim 34, further comprising:
2 a channel selection means for selecting a channel to be used to communicate with said
3 wireless terminal as a function of channel information corresponding to at least two different
4 communications channels implemented using different technologies as a function of a signal
5 received from a wireless terminal, the two different communications channels corresponding to
6 different access technologies.

1/20

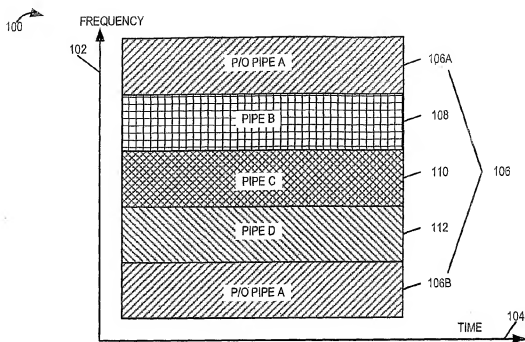


FIGURE 1

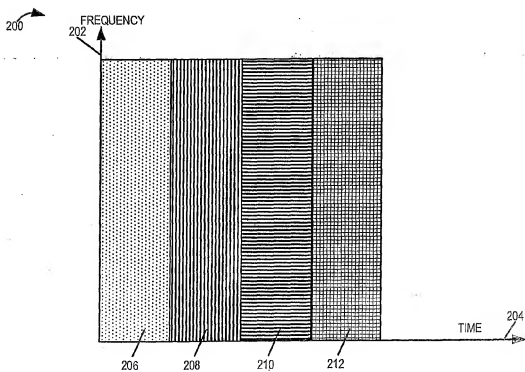


FIGURE 2

2/20

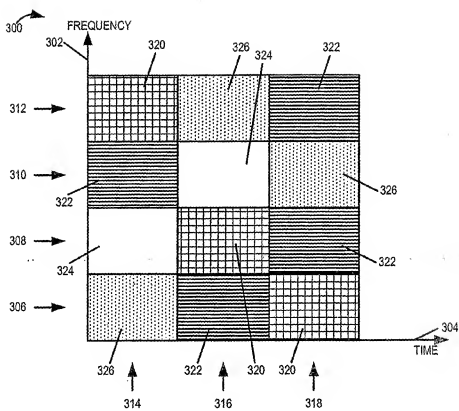


FIGURE 3

3/20

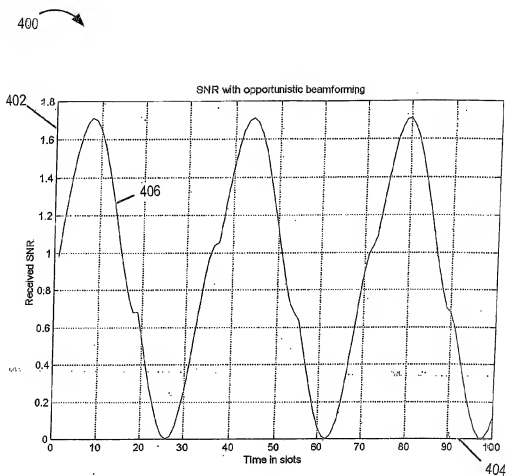


FIGURE 4

4/20

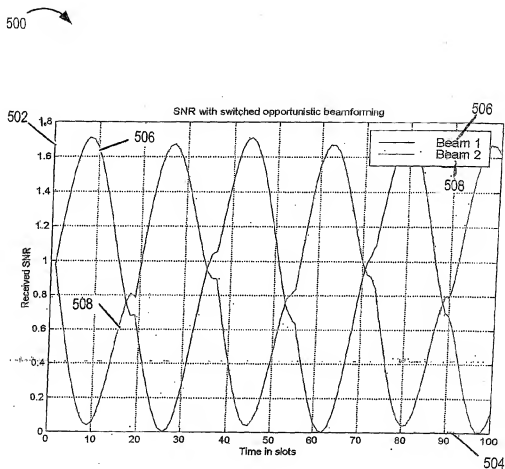


FIGURE 5

5/20

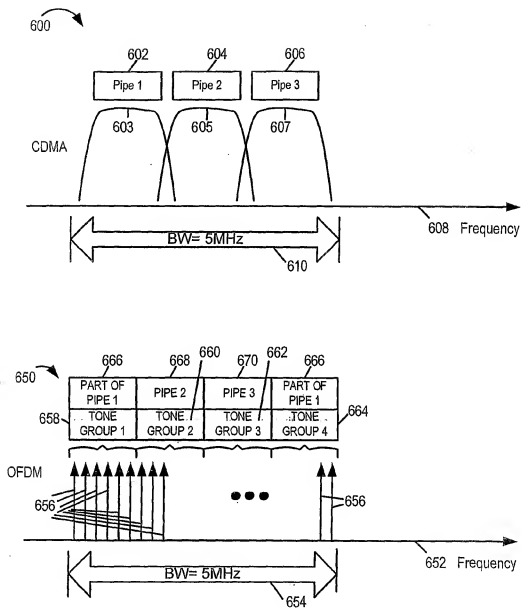


FIGURE 6

6/20

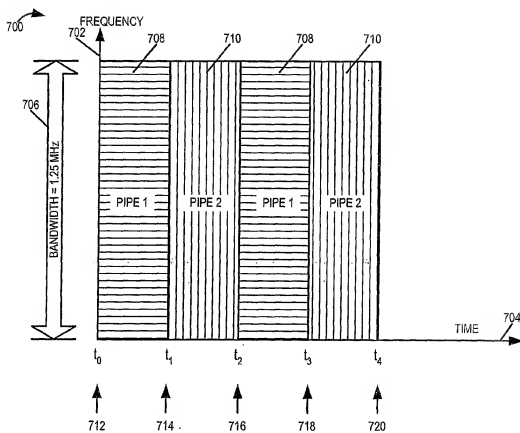


FIGURE 7

7/20

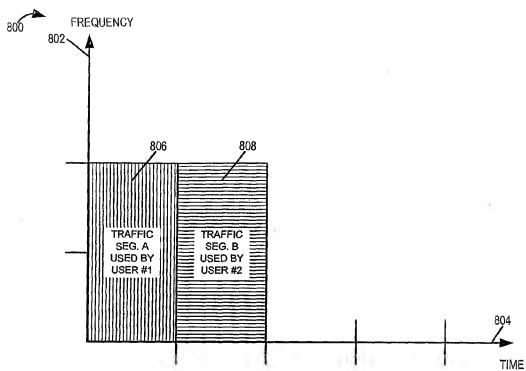


FIGURE 8

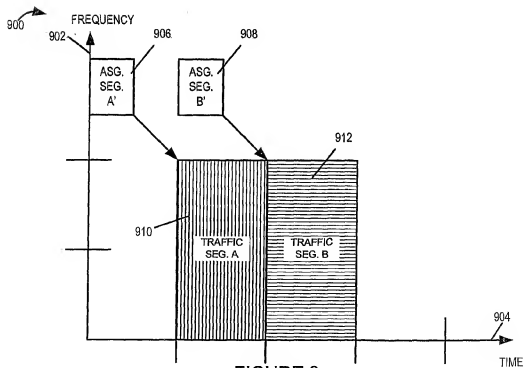


FIGURE 9

8/20

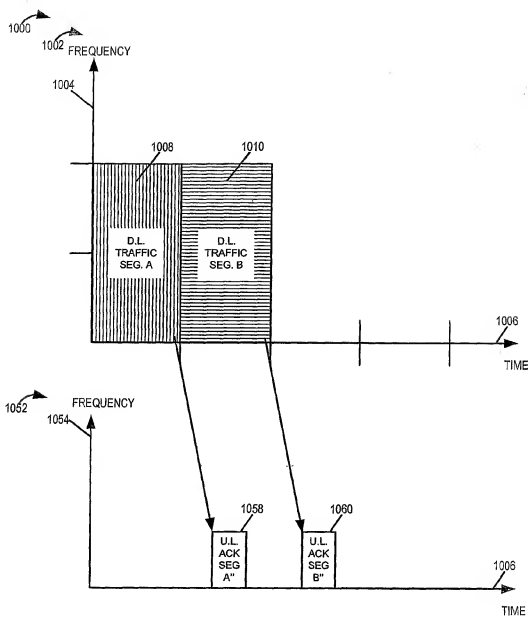


FIGURE 10

9/20

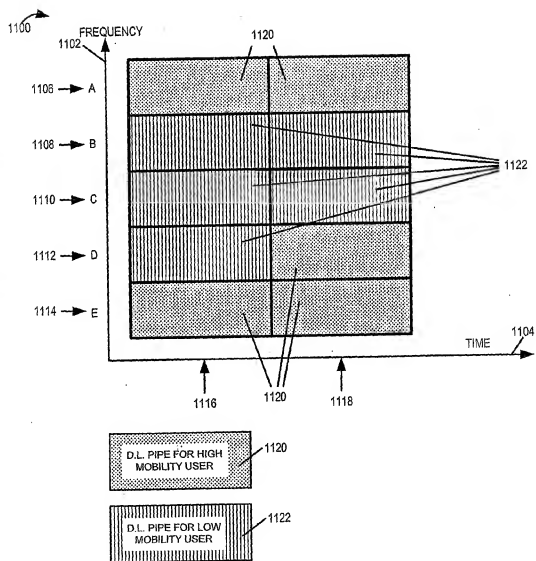


FIGURE 11

10/20

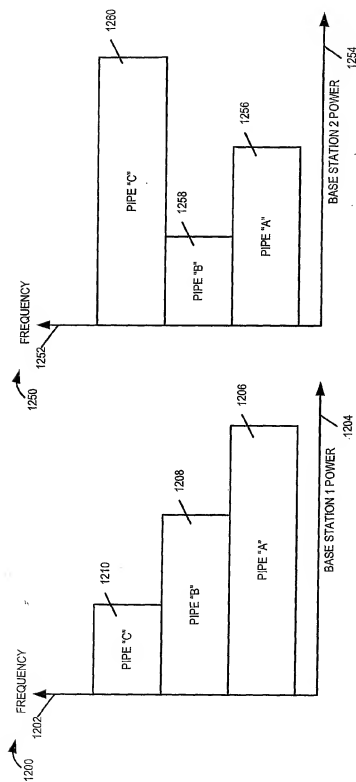


FIGURE 12

11/20

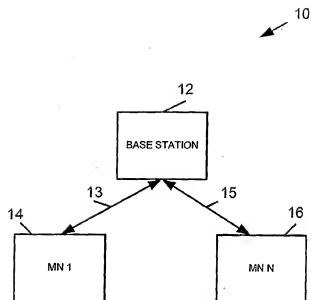


Fig. 13

12/20

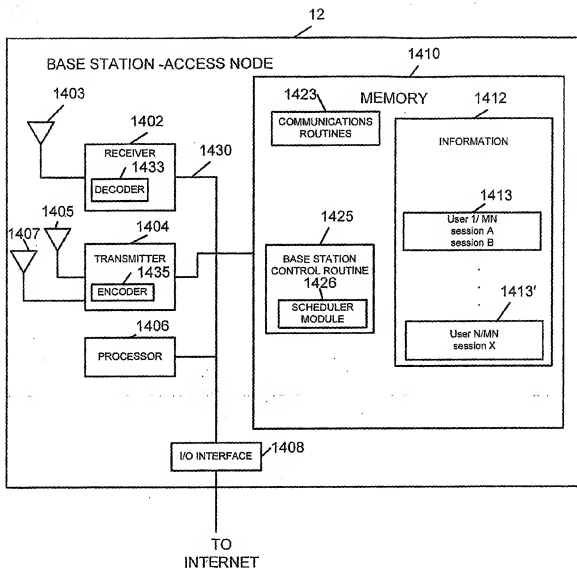


Figure 14

13/20

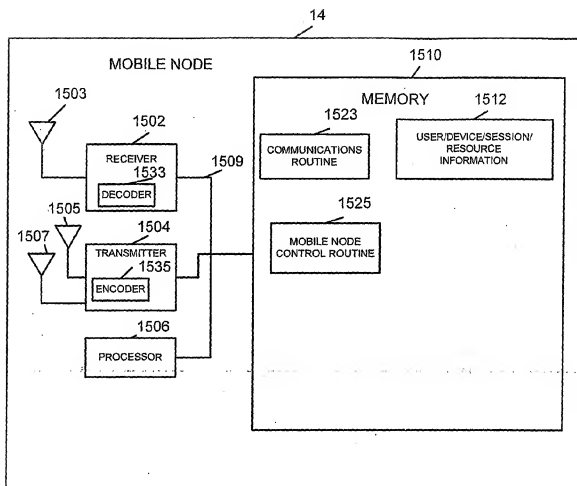
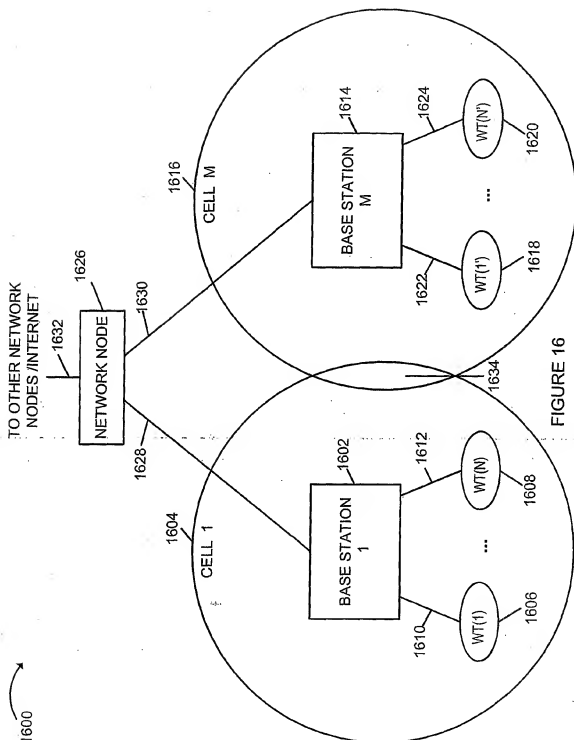


Figure 15

14/20



15/20

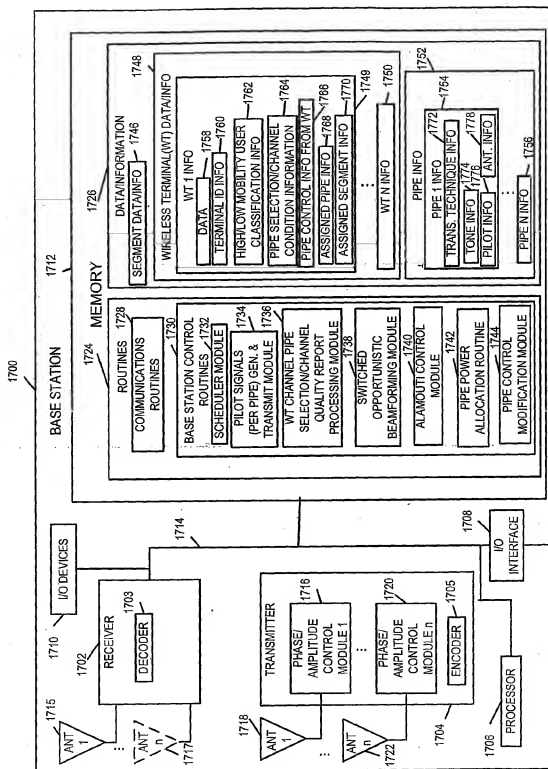


Figure 17

16/20

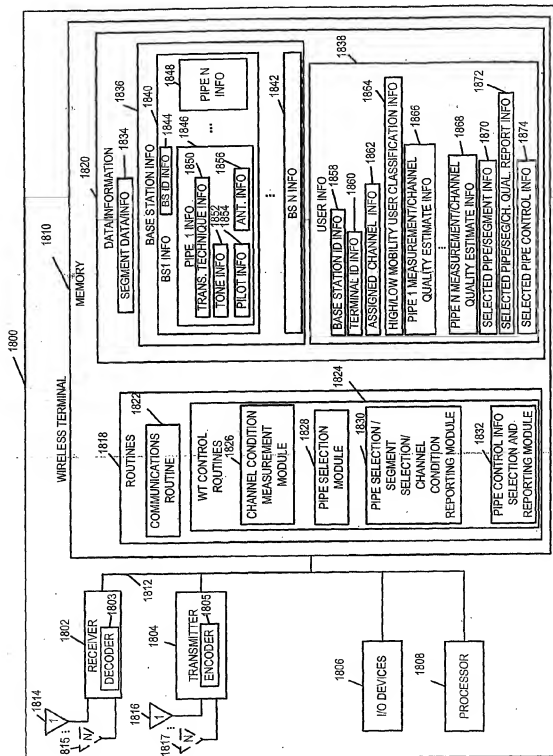


FIGURE 18

17/20

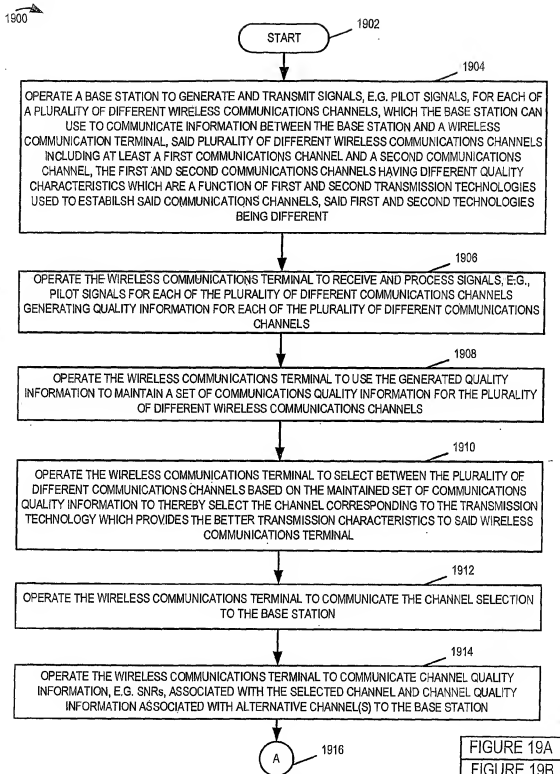


FIGURE 19A

FIGURE 19A

FIGURE 19B

FIGURE 19

18/20

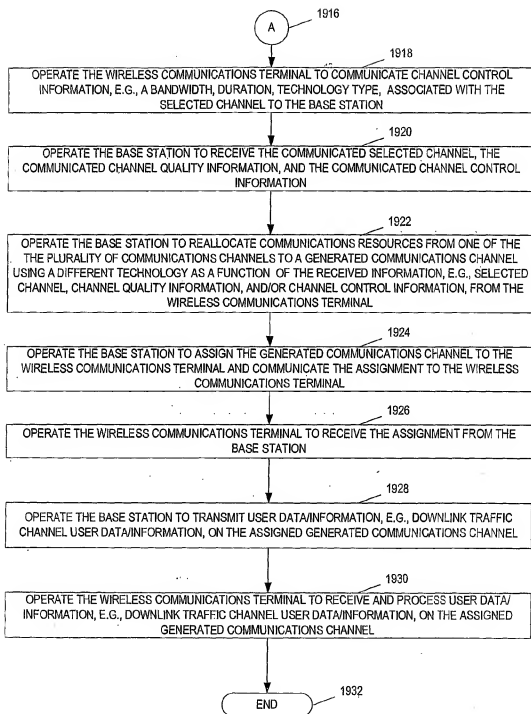


FIGURE 19B

19/20

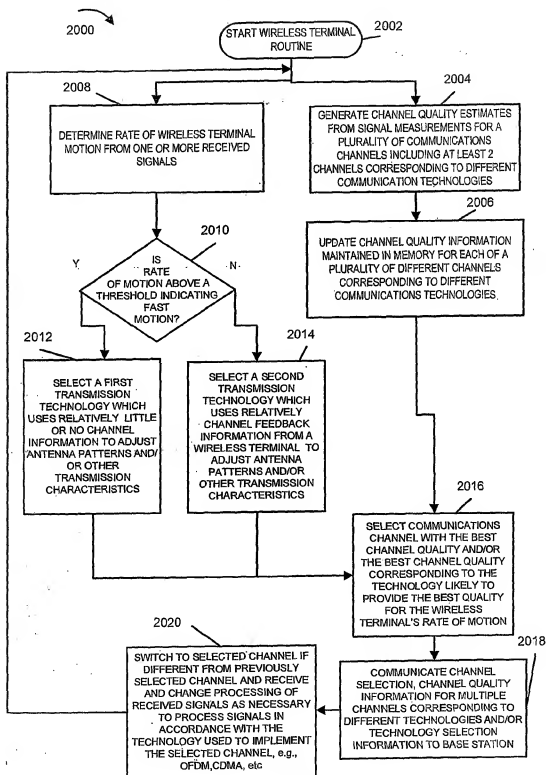


Fig. 20

20/20

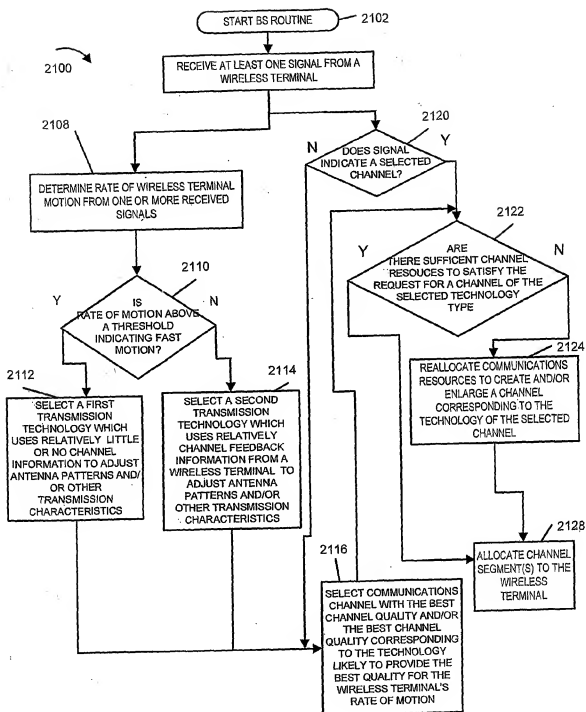


Fig. 21